

# جامعة كل المعارف

إشراف : إيف ميشو

# ما الحياة ؟

الجزء الأول

1016



المشروع القومي للترجمة

المركز الفرنسي للثقافة والتعاون





**جامعة كل المعارف**  
**ما الحياة ؟**  
**(الجزء الأول)**

المشروع القومي للترجمة

إشراف: جابر عصفور

- العدد: ١٠١٦
- جامعة كل المعارف (الجزء الأول)  
ما الحياة؟
- إيڤ ميشو
- الطبعة الأولى ٢٠٠٦
- الغلاف إهداء من الفنان: فيليب آبلوا Philippe Apeloig

هذه ترجمة الجزء الأول من موسوعة:

Université de tous les Savoirs

Sous la direction

d' Yves MICHAUD

الجزء الأول بعنوان:

Qu'est-ce que la vie?

Volume 1

© Éditions ODILE JACOB, Juin 2000

Éditions ODILE JACOB

تمت ترجمة المقدمة والفصلين الأول والثاني من هذا الكتاب بإشراف ودعم من المركز الثقافي الفرنسي التابع لسفارة فرنسا بدمشق، سوريا. وتمت المراجعة بإشراف قسم الترجمة التابع لسفارة فرنسا بالقاهرة.

تم نشر هذا الكتاب بالاشتراك مع المركز الفرنسي للثقافة والتعاون (قسم الترجمة) التابع لسفارة فرنسا بجمهورية مصر العربية وذلك في إطار مشروع دعم النشر (طه حسين) التابع لوزارة الشؤون الخارجية الفرنسية.

---

حقوق الترجمة والنشر بالعربية محفوظة للمجلس الأعلى للثقافة.

شارع الجبلية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة ت: ٧٣٥٢٣٩٦ فاكس: ٧٣٥٨٠٨٤

EL Gabalaya st. Opera House, El Gezira, Cairo

TEL: 7352396 Fax: 7358084



# جامعة كل المعارف

## ما الحياة ؟

(الجزء الأول)

إشراف

إيف ميشو





**بطاقة الفهرسة**  
**إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية**  
**إدارة الشئون الفنية**

جامعة كل المعارف : ما الحياة ؟ / إشراف : ايث ميشو - ط ١  
- القاهرة : المجلس الأعلى للثقافة ، ٢٠٠٦ - مج ١ .  
٦٥٦ ص : ٢٤ سم - المشروع القومي للترجمة  
١ - الإنسانيات - موسوعات  
أ - ميشو ، ايث (مشرف)

٠٠١,٣٠٣

رقم الإيداع ٢٣٣٥٧/٢٠٠٦

الترقيم الدولي 3 - 114 - 437 - 977 I.S.BN.

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

---

تهدف إصدارات المشروع القومي للترجمة إلى تقديم مختلف الاتجاهات والمذاهب الفكرية للقارئ العربى وتعريفه بها ، والأفكار التى تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافتهم ، ولا تعبر بالضرورة عن رأى المجلس الأعلى للثقافة .



## المحتويات

|          |  |
|----------|--|
| 7.....   | تصدير بقلم: جابر عصفور   |
| 11.....  | مدخل   |
| 25.....  | المقدمة  |
| 27.....  | ملاحظات على النص والترجمة  |
|          | الباب الأول: ما الحياة ؟   |
| 31.....  | ما الحياة؟   |
| 49.....  | الحياة: المنشأ والتوزع الممكن في الكون                                 |
| 63.....  | الدماغ من البيولوجيا الجزيئية إلى العلوم الاستعرافية (الإدراكية)       |
| 79.....  | الهوية الوراثية  |
| 93.....  | أصول ومكانة الإنسان في التطور: الرابط الصبغي                           |
|          | الباب الثاني: تنوع الحياة، التطور وما قبل التاريخ                      |
| 109..... | التنوع الحيوى  |
| 123..... | التطور المشترك   |
| 131..... | الحوار الجزيئى فى المعاشات   |
| 147..... | المصنع الكيمياءى النباتى   |
| 165..... | الأسس الوراثية للتطور البشرى   |
| 181..... | عن الرجل (والمرأة) ما قبل التاريخ                                      |
| 199..... | هل تسيطر حركية الكرة الأرضية على تطور الأنواع                          |
| 217..... | المناخات والمشاهد الطبيعية فى عصر ما قبل التاريخ                       |
|          | الباب الثالث: المرحلة الأولى للتفكير والنقد: المعرفة والتقنية والأخلاق |
| 235..... | الرياضيات والواقع  |
| 253..... | التجربة فى العلوم - النماذج والمحاكاة                                  |
| 267..... | نظرية التطور، ماذا تعنى الداروينية اليوم؟                              |
| 281..... | العقلانية والاستدلال   |



|          |  |
|----------|--|
| 293..... | المعاصرة العلمية، والجدل الديموقراطى               |
| 309..... | العلم التقنى بين رهاب التكنولوجيا والولع بها       |
| 325..... | أخلاقيات البحث العلمى على الإنسان                  |
| 345..... | ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟                    |
| 361..... | امتلاك الحى من البيولوجيا إلى النقاش الاجتماعى     |
|          | <b>الباب الرابع: مظاهر التطور البشرى</b>           |
| 381..... | الجنين هذا المجهول                                 |
| 397..... | نمو وتطور الجهاز العصبى                            |
| 411..... | تطور الذكاء لدى الطفل                              |
| 419..... | الشيخوخة وهرمونات الستيرويدات                      |
|          | <b>الباب الخامس: إلى أين يقود علم الوراثة؟</b>     |
| 435..... | تحديد تسلسلات الجينوم البشرى: كيف ولماذا           |
| 457..... | الاستنساخ  |
| 477..... | تقنية نقل الجينات والتطعيم الجينى والجينوم الوظيفى |
| 493..... | نقل الجينات وتطبيقاته                              |
| 507..... | الرهانات الأخلاقية لعلم الوراثة                    |
|          | <b>الباب السادس: المخ، والسلوك، والعواطف</b>       |
| 517..... | الوظائف المخية                                     |
| 529..... | الإشارات العصبونية                                 |
| 543..... | المخ الخاص بالمعرفة فسيولوجيا المعرفة وصور المخ    |
| 555..... | تطور حالات النوم                                   |
| 565..... | مخ الوجدانيات والإنفعاليات                         |
| 579..... | الخريطة المخية للرغبة الجنسية الذكرية              |
| 595..... | المخ والحركة                                       |
| 611..... | ضغط عصبى، تكيف، وتطور                              |
| 625..... | إيمان المخدرات السامة                              |
| 652..... | <b>المؤلفون</b>                                    |



## تصدير

بقلم: جابر عصفور

أمين عام المجلس الأعلى للثقافة

يكتمل اليوم صدور ترجمة الأجزاء الستة الأولى من موسوعة "جامعة كل المعارف"، وبهذه المناسبة أود التأكيد مجددًا على أهمية صدور مثل هذا العمل الثقافي العلمي، وما يسهم به في سد حاجتنا إلى اكتساب المعرفة العلمية، سواء في مجال الإنسانيات أو في مجال العلوم الطبيعية.

وفي هذا السياق، وعلى ضوء أهداف المشروع القومي للترجمة التي تتمثل أساسًا في تحقيق التوازن بين المعارف الإنسانية في المجالات العلمية والفنية والإبداعية، فضلًا عن بناء ودعم الجسور الثقافية بين مصر والعالم، جاءت ترجمة موسوعة الأجزاء الستة الأولى من "جامعة كل المعارف" في إطار التعاون مع قسم الترجمة بالمركز الفرنسي للثقافة والتعاون في مصر.

وقد صدر من ترجمة الموسوعة ثلاثة أجزاء تباعًا، حسب اكتمال عمليات الترجمة والمراجعة لكل جزء، وذلك دون التقيد بترتيب الأجزاء، فكل جزء يتناول موضوعًا قائمًا بذاته، واليوم يتوالى صدور الأجزاء الثلاثة المتبقية.

و"جامعة كل المعارف" موسوعة فرنسية صدر منها ستة أجزاء، يضم كل منها مجموعة محاضرات تدور حول أحد جوانب الإنسان والحياة. وعلى الرغم من تخصص موضوعات الموسوعة، يتناول كل جزء قضايا موضوع تم بحثه بأسلوب شيق يستهدف القارئ غير المتخصص. ونعرض فيما يلي لمحة شديدة الإيجاز عن القضايا التي يتناولها بالبحث كل جزء.



تحت عنوان "ما الحياة"، يتناول الجزء الأول موضوعات حول تعريف الحياة وتطورها، ومراحل التطور الإنساني الكبرى، ومعارف الذهن البشري. ويتناول الجزء الثاني بعنوان "ما الإنساني" الموضوعات المتعلقة بالإنسان، فيتناوله من زوايا اللغة، والقانون، والديموغرافيا، والاقتصاد العالمي، والتغذية، والصحة. وبعد قضايا الإنسان، ينقلنا الجزء الثالث إلى سؤال "ما المجتمع"، حيث يتناول موضوعات حول البيئة والمدينة، والتاريخ، والاقتصاد، والأسرة، والعمل، والاتصالات، والعنف، والدولة.

أما الجزء الرابع والخامس فيركزان على ميدان العلوم الطبيعية، فيختص الجزء الرابع بالسؤال "ما الكون"؟ بينما يتناول الجزء الخامس السؤال "ما التكنولوجيا"؟ ونطالع عند الحديث عن الكون محاضرات حول النظام الشمسي، والنجوم والمجرات، وكوكب الأرض، والمحيطات والمناخ، والمادة وتنظيمها، وتطور الرياضيات، والتحوليات الكيميائية. ويضم سؤال التكنولوجيا محاضرات حول التكنولوجيا الحديثة والتعليم والتدريب، والمعلوماتية، واكتشاف الفضاء، والطاقة، والمواد، والتلوث وعلاجه، ومجتمع المخاطرة والتطرف.

أما الجزء السادس فيتناول سؤال: "ما الثقافة"، ويناقش قضايا العولمة، ومستقبل أوروبا، والفنون والثقافة، والعقيدة، وكل ما يتعلق بروح عصرنا.

وقد تولى إعداد المحاضرات نخبة من كبار العلماء والمتخصصين الفرنسيين في ميادين العلوم الإنسانية والطبيعية المختلفة، وشارك في ترجمتها عدد كبير من أساتذة الجامعات المصرية المتخصصين، فضلا عن نخبة ممتازة من المترجمين المحترفين، كما شارك في ترجمة بعض الأجزاء مترجمون ومتخصصون من سوريا والمغرب العربي.

واليوم ومع صدور الجزء الأول لا يفوتني أن أتوجه بخالص الشكر إلى الأستاذة دنيا أبو رشيد، مديرة قسم الترجمة بالمركز الفرنسي للثقافة والتعاون التي



نواصل معها العمل، ونأمل فى أن ننجح بالتعاون معها فى ترجمة الأجزاء الجديدة من الموسوعة، التى صدرت مؤخرًا فى فرنسا، وعددها ثلاثة أجزاء، فقد بذلت الأستاذة دنيا أبو رشيد جهودًا كبيرة للخروج بالموسوعة فى أفضل صورة ممكنة، وفى وقت مناسب.

كما أكرر الشكر إلى الفنان فيليب آبلوا الذى قام بتصميم غلاف الطبعة الفرنسية للموسوعة وأهدانا التصميم ذاته ليصدر غلافًا للطبعة العربية.

ولا يفوتنى - فى هذا المقام - أن أعرب عن شكر خاص للأستاذة إيفون جرجس، فى قسم الترجمة بالمركز الفرنسى، وقد بذلت جهودًا مشكورة لمتابعة الترجمة والمترجمين لإنجاز العمل بدقة، وكذلك الأستاذ عزت عامر الذى أعطى الكثير من وقته لتدقيق النص قبل طباعته فى صورته النهائية، وللقائمين على المشروع القومى للترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة على ما بذلوه من جهد فى إنجاز هذا العمل، وأخص بالشكر فريق التصحيح اللغوى الذى أشرف عليه عبد الوهاب الصاوى، وأحمد السيد أبوحمده الذى قام بتنفيذ أعمال الجمع والإعداد الفنى لأجزاء هذه الموسوعة.

ويأتى الآن دور تلك النخبة الممتازة من المترجمين والمراجعين الذين بذلوا جهودًا متفانية للمحافظة على دقة الترجمة وسلامتها وسلاستها كي تصبح يسيرة فى تناول القارئ غير المتخصص، فلهم جميعًا التقدير والعرفان. وبهذا الصدد، أود توجيه شكر خاص إلى الأستاذة الدكتورة زينب الخضيرى التى تولت رئاسة اللجنة العلمية للإشراف على الترجمة، فضلًا عن قيامها بترجمة ومراجعة بعض المحاضرات الواردة بها، تحية لها على كل ما بذلته وتبذله من جهود فى هذا الميدان.

وفى النهاية، لا يسعنى إلا أن أؤكد أن هذا الإصدار ثمرة من ثمرات العمل المشترك بين المجلس الأعلى للثقافة والمركز الفرنسى للثقافة والتعاون. وهو عمل مشترك نأمل أن يتواصل فى المستقبل، ويسهم فى إثراء مكتبتنا العربية بمختلف المعارف الفرنسية.







## مدخل

إن هذا الجزء، هو الأول من سلسلة تجمع الدروس الأربعين الأولى من "جامعة كل المعارف". وتتناول هذه الدروس مواضيع الحياة. لنشرح فى البداية ما جامعة كل المعارف؟ هى حلقة من ٣٦٦ محاضرة، تبدأ فى ١-١-٢٠٠٠ لتنتهى فى ٣١-١٢-٢٠٠٠. تُلقى هذه المحاضرات يومياً فى الكونسرفتوار الوطنى للفنون والمهن، بما فى ذلك أيام السبت والأحد والعطل، وتتناول مواضيع العلوم، والتقنيات، المجتمعات، نتاج الفكر والثقافات، وتحدياتها الراهنة. وتهدف إلى استعراض مجالات المعرفة كلها برؤية تعتمد التوجهات والتساؤلات أكثر من أن تكون مجرد حصيلة موسوعية.

يعود الفضل فى الفكرة الأولى إلى جان جاك أياغون **Jean-Jacques Aillagon**، رئيس لجنة الاحتفال بالعام ٢٠٠٠. وهو عندما تقلّد مسؤولية هذه اللجنة الحكومية عام ١٩٩٧ ارتأى أن تغيّر القرن والألفية يجب أن ينطبع ليس فقط بالاحتفالات لكن أيضاً بالتأمل والعلم. ومن هنا أتت فكرة الدروس اليومية التى تقدم لجمهور غير متخصص استعراضاً للمعارف ولتوجهاتها. وفى الواقع، فإن كبر المشروع وحتى مظهره المجنون هو ما حمّس كل الذين ساهموا فى تحقيقه، عبر إزاحة أو تخفيف، المخاوف، الاعتراضات الأساسية، كما مشاكل التطبيق العملى.

وبعد عدد من الاستشارات، طلب منى جان جاك أياغون أن أقدم تصوراً مفصلاً للمشروع وأن أحققه. صحيح أن صعوبات الانطلاق لم تكن عديدة، لكنها كانت كبيرة: كان يجب تقديم محاضرة كل يوم، وذلك من قبل شخصية من المرتبة الأولى فى مضمارها، وبحيث تناقش كل مظاهر العلم. لكن كان يجب تعريف كل



ما تبقى بالنسبة لمثل هذا المشروع الذى لا سابق له: ما المكانة التى ستشغلها كل من العلوم، والتقنيات والثقافة؟ هل سيكون الشكل النهائى موسوعة تقليدية، أم مجرد جولة مفتوحة فى الأفق؟ من هم الذين سيطلب منهم إلقاء المحاضرات؟ ولأى جمهور ستوجه؟ وكيف يمكن تحديد مسارها؟ أسئلة عديدة وأخرى عملية كان يجب العثور على الأجوبة المناسبة لها أثناء رسم المشروع. لقد كانت المهمة صعبة، وكنت مرات عديدة على وشك الانسحاب، ليس يائسًا مما جرى بقدر ما كنت متهيئًا من كونى قادرًا على تحقيق هذا المشروع بشكله النهائى. وفقط فى الأشهر الأخيرة من ١٩٩٩، أخذت الأمور منحى سمح بالاعتقاد بأن جهودنا لن تذهب عبثًا، وستؤدى إلى شكل مرضٍ ثقافيًا.

يمكننى الآن أن أتطرق إلى مجموعة من الآراء النظرية والمجردة حول العلاقات بين العلوم والمجتمع فى نهاية القرن العشرين. وأفضل أن أتناولها حسب ما واجهتتى عمليًا.

إن الفكرة التى ترد عفويًا إلى الذهن مباشرة، عندما يجب أن نعرف برنامجًا مثل جامعة كل المعارف، أو على الأقل الفكرة التى راودتني فى بداية عملى، هى اللجوء إلى آراء الشخصيات الأكثر تخصصًا فى كل مجال من المجالات، وإلى تكليفهم بمسؤولية برمجة الجزء المتعلق بهم. لكننى اكتشفت بسرعة آسفاً أن الاختصاصيين الكبار لا وقت لديهم للمساهمة بمثل تلك البرمجة، بما تتطلبه من اجتماعات، وبيروقراطية وتنظيم، وأنه بالمقابل الذين لديهم وقت ليسوا بالضرورة الاختصاصيين الأوائل. وفى الحقيقة، فإن فكرة الاختصاصى الكبير، أو الشخصية المتميزة "التي لا يمكن تجاوزها"، أصبحت ذات إشكالية فى حقل من العلوم التى تزداد تعقيدًا وتخصصًا (حتى لا أقول تبعثرًا). إن مجتمع المعرفة موجود حتمًا، وإن كان يأخذ شكل منتدى أو سوق، أكثر منه شكل جماعة. وأصبح تمييز حدوده وقممه أكثر صعوبة. وتضم هذه الجماعة أكثر من أى وقت مضى أسماء كبيرة، لا بل نجومًا أيضًا، لكنها توسعت بشدة ونمت، ومجرد محاولة التفكير بتحديد الشخص الممثل لها، هى محاولة خيالية وإن كانت تبدو مطمئنة. وأذكر ما قاله عالم



الاجتماع Anthony Giddens حول الخبرة فى المجتمعات المعاصرة ينطبق هنا تمامًا: إنه تعريف يوجد لدى جميع الخبراء خبرة ما، لكن هناك أيضا تعريفاً متعددًا بالخبراء. مما يحكم علينا أن نعيش فى خليط يصعب تعريفه، وأحياناً تصعب الحياة فيه، من الثقة بالخبرة ومن الحذر المتوجس من جهة أخرى. وفى الواقع فإن المجتمع العلمى والتقنى يضج بالكفاءات، ويحيا من تنافس المقاربات المختلفة، ويعرف حركية جماعية لا يمكن مقارنتها. لكنه مجتمع ذو حدود متحركة، وبالتالي كان علينا قبل كل شىء محاولة سبره رغم صعوبة هذه المهمة.

من أجل ذلك، وفى المرحلة التحضيرية لجامعة كل المعارف، التى امتدت لأكثر من سنة، قررت أن أقلب مقاربتى الأولية، وأن استجوب بشكل منهجى هذا المجتمع العلمى والتقنى، منظمات البحث والمسؤولين عنها، الباحثين والاختصاصيين كل على حدة أيضا، طالباً من كل منهم، أن يقدم لى بكل عفوية وفوضى اقتراحاتهم حول المواضيع التى يبدو لهم أنه لا غنى عن مناقشتها ضمن هذه "الموسوعة". ولظروف عملية ولأنه يجب التوقف عند مكان ما أثناء البحث، وإلا لذاب فى اللا نهاية فى اللحظة نفسها التى يتخيل فيها أنه حوى كل شىء، فقد اقتصرنا على العالم الناطق بالفرنسية- وهو عالم للأسف يصغر بسرعة. وبالمقابل، بما أن البحث والعلم لم يعودا حكراً على الأوساط التى كانت مؤسساتياً مخصصة لها (وترغب أحياناً باحتكارها)، وبما أن هناك كفاءات متعددة تعمل فى العالم "غير المؤسستى أو الحكومى"، سواء أكان ذلك فى الوسط الاقتصادى، أو الشركات أو الإنسانى... فقد وسعنا قدر الإمكان (لأن التعرف على هؤلاء ليس سهلاً) بحثنا مع الشركات، الجمعيات، والمنظمات غير الحكومية أو الدولية. لأنه ليس مجتمعنا أو بالأحرى مجتمعاتنا تعمل بفضل المعارف العلمية والتقنية المتعددة، ولكنها مخترقة بالعمق وتعبرها هذه المعارف، مهما كانت الآثار المتناقضة من فقدان الثقافة والجهل التى ترافق بشكل شبه آلى هذا التقدم. ولم تكن المفاجأة فى هذا البحث الأولى، اكتشاف بكل معنى الكلمة، غزارة هذه المنظمات، والمعاهد، والمدارس، ومراكز البحث، والمراسد، التى تساهم فى كل مكان، فى



الجامعات كما فى شركات التأمين أو المصارف، فى مراكز البحث العامة كما فى الإدارات العلمية للمجموعات الخاصة، بإنتاج العلم والمهارة.

أحب أن أضيف هنا ملاحظة للترفيه رغم شكلها. إن هذا البحث الواسع لم يكن ليكون ممكناً دون وسائل الاتصال العصرية وخاصة الإنترنت: قليل جداً من الأشخاص ما زالوا يقرأون الرسائل والملفات والطلبات، التى قليلاً ما تختلف عن الدعايات والتعاميم؛ أما الفاكس بقدرته على الوصول فوراً فهو يجذب اهتماماً أكثر بقليل على الأقل آنياً- لكن الطريق المثلى للوصول إلى الاختصاصيين هى البريد الإلكتروني، نظراً لسرعة وعفوية التبادلات التى يسمح بها.

ومن الواضح أن هناك حدوداً لمثل هذا التحقيق التمهيدى، كما أن له طرقه الخاصة- والمنهج التجريبي ليس بالضرورة موقفاً ساذجاً-. ومن ضمن الشخصيات والمنظمات التى تم سؤالها، هناك من لم يجب أبداً، وهناك من أجاب باقتضاب (أحياناً مستعملين تعابير تثير الدهشة مثل: "نحن لا علاقة لنا بالموضوع" أو "إننا غير ذى كفاء فى هذا الموضوع") أو بأجوبة عادية أخرى. وهناك من يمارس داخل العلم سياسة مجموعات الضغط. لكن من حسن الحظ هناك الكثيرين الآخرين الذين زودونا بكل بساء باقتراحاتهم وآرائهم. ورويداً رويداً استطعنا أن نجمع حوالى ١٧٠٠ موضوع للمحاضرات، نصفها تقريباً متعلق بالعلوم والتقنيات، والنصف الآخر وبالتساوى بالعلوم الإنسانية والنشاط الاجتماعى والاقتصادى. عند هذه المرحلة من مسارنا، يمكن إذن القول إن الاختيار البدئى للمسائل التى ستناقش كان يعكس واقع المجتمع العلمى والتقنى ذاته، مع كل خلافاته وطبقته وانقساماته، لكن أيضاً مع تقاربه واتفاقاته، التى وإن كانت صامتة وأقل صخباً من الخلافات إلا أنها ليست أقل أهمية. يكثر الحديث بين الفلاسفة عن التفاعل التواصلى: وقد حاولنا تطبيقه دون أن يغيب عن بالنا أن نجاح الاتصال والتوافق يمر حتماً أيضاً بحالات من الفشل والتشوه والتكرار وسوء الفهم.



وعندما انتهينا من جمع هذه المواضيع الـ ١٧٠٠، بدأنا عملية الفرز. وهنا تدخلت لجان مصغرة من الاختصاصيين وضعت تشكيلها كملحق لهذا النص. وكانت مهمتهم الاختيار والحذف. وبمساعدهم وعبر بعض اللقاءات السريعة تم إنقاص مجموعة المواضيع حتى أصبحت تتوافق تقريباً مع مدة البرنامج. فى هذه المرحلة كانت القرارات الحاسمة ضرورية.

لقد تم تجميع بعض المواضيع مع بعضها، وبعضها الآخر كان يتكرر أو يتقاطع تحت صياغات مختلفة؛ وبعضها الآخر كان تعليمياً أكثر من اللازم، بمعنى أنها كانت مثل دروس توجيهية أو مدخل لمواد أكثر منها تساؤلات. أما بعضها الآخر فقد كان تقنياً تخصصياً جداً وكأنها موجهة فقط إلى جمهور من الاختصاصيين؛ وعلى العكس من ذلك كان البعض الآخر الذى تطرق للموضوع بشكل واسع وكأنه لنشر العلوم دون هدف. وبمعنى آخر لقد حددنا لأنفسنا بعض المعايير التى ساهمت بإضفاء الشكل الحالى على "جامعة كل المعارف".

هناك عدد كبير من الموسوعات والمراجع، ولم يكن هدفى إضافة واحد جديد عليها. كما أن تطور الإنترنت يضيف كل يوم شيئاً جديداً على هذه الثروة، مخترقاً بذلك مفهوم الموسوعة وما كانت تمثله من خصوصية، وغالباً مطبوعة باسم شخص معين. كما أنه يوجد الكثير من مؤسسات التعليم والتأهيل. ولم يكن هدفى أيضاً، رغم عنوان المشروع، إضافة جامعة للتى هى قائمة حتى الآن. لم يكن الهدف بالتالى إلا المساهمة فى التفكير القائم على قاعدة تقديم معلومات تذكر ما نعرفه وما لا نعرفه أيضاً، وأحياناً ماذا نأمل أن نعرف. والذين يعرفون Kant سيتعرفون على صدى لجزء من برنامجهم. لقد حاولنا إذن حذف كل المواضيع الأكاديمية والتربوية المشابهة لأسئلة مدرسية بسيطة، وكذلك المواضيع الموجهة إلى اختصاصيين حصراً. كما رفضنا فكرة التعميم العلمى والتقى **Vulgarisation**. طبعاً هناك معنى راق لمفهوم التعميم الذى يوضح بشكل أفضل بالتعبير الإنجليزى "جعله شعبياً" **Popularization**، لكنه يفتقد للبعد النهائى وللالتزام الذى سيكسبه القوة. وأخيراً لماذا يجب أن ينشر العلم بين الجميع؟ هل الهدف هو أن يشعر

العلماء أنهم أقل عزلة؟ أم لكي يحصلوا بسهولة أكثر على التمويل اللازم للأبحاث والمنح للحصول على درجة بعد الدكتوراه؟ هل الهدف تحريض على انضمام باحثين جدد؟ أم لزيادة الميزانية المخصصة للبحوث والتطوير من قبل الحكومات؟ هل الهدف هو أن يشعر الجمهور نفسه بأنه أقل غباء؟ أم أن هذا جزء من الثقافة؟ أسئلة كثيرة لا يجيب عليها مفهوم التعميم العلمي الآن، خاصة أن زمن تكريس العالم كما كانت الحال في القرن ١٩ قد ولى ومضى. كما أن الأسماء الأسطورية مثل باستور أو ماري كوري تحولت إلى صور للأطفال.

لكن بالمقابل هناك أسباب وجيهة جدا للبحث وجمع المعلومات من العلوم والتقنيات. لأن تأثيرها في ازدياد مستمر على حياتنا وتطورنا، ولأنها تسير التغييرات التقنية ولأنها تحرك الاقتصاد. ولأنها تسمح بالتدخل بشكل لا سابق له في أنفسنا وفي بيئتنا. ولأنه لا يوجد سبب ليبقى تطور العلوم والتقنيات المحمى جدا في عالم الاختصاصيين، بمنأى عن الاستجواب ويتهرب من تساؤلاتنا ومن القوى الضابطة للمجتمع بالمعنى الأعم. وإذا كانت العلوم سابقا قد اضطرت إلى كسب استقلالها الذاتي ضد التقليديين وضغوط السلطات، فإنها اليوم في قلب النظام الاجتماعي ولم يعد لديها الاحتياجات ذاتها بالنسبة للاستقلال ولا للحجج ذاتها للدفاع دون قيد أو شرط عن استقلالها. ومن أجل هذه الأسباب كلها، تجذر خيارى فى أن أطلب من اختصاصيين من المرتبة الأولى أن يقدموا كل مرة لجمهور غير متخصص لكنه حريص أن يكون رأيا، واقع المعارف بهدف الاستجواب والمناقشة وطرح الأسئلة.

إن الرهان الأول لجامعة كل المعارف كان تقديم هذا الطلب للاختصاصيين للتوجه إلى جمهور غير متخصص لكن منتبه، ليس بهدف أن يتعلم شيئا ما، بل ليتمكن من تكوين فكرة عن ماذا يجرى فى مجالات العلوم وعن الأسئلة التى تطرحها ليصبح قادرا على التفكير وهو ملم بكافة جوانب الموضوع المختلفة. وكان من الضروري لتحقيق ذلك أن يفسح المجال الكافى لهذه الشخصيات كي تعرض موضوعها، وأن يهرب الجميع، الجمهور كما المحاضرون، من ديكتاتورية



النقاش وتبادل الآراء السريع. من هنا تم اختيار صيغة المحاضرة الشاملة التي يتبعها أسئلة مكملة. كما أنه كان من الضروري اتباع مقاربات مختلفة وأحياناً متضاربة وأحياناً متعاكسة لتقدم إضاءات مختلفة على موضوع معين. ومن هنا كان اختياري بجمع هذه الدروس على شكل وحدات موضوعية تغطي مجموعة من المواضيع دون إغلاق المقاربة ودون جعلها دوغمائية. بعد ذلك سيبقى للمستمعين (والقراء الآن) أن يشكلوا تأملاتهم وأفكارهم انطلاقاً من كل درس لكن أيضاً من العلاقات التفاعلية بين الدروس مع بعضها.

وعندما اكتمل اختيار المواضيع، بدأنا ببناء سيناريو والبحث عن خيط واصل بين مجموعة الدروس هذه. وهذا يطرح سؤالاً شهيراً حول "ترتيب" العرض.

لأنه وإن كان حقل العلم لم يعد منظماً حسب الصلابة المنتصرة والخادعة لتصانيف القرن ١٩، وحتى لو كان بعض المثقفين ذو المزاج المرح ينصحون (ويمارسون أحياناً دون حرج) مزايا الفوضى، فإن ذلك كان ليعطي صورة كاذبة وضحلة عن العلم، إذا قُدم وكأنه إخراج لطيف له من علبته، والذي سيكون أشبه باستعراض مثقف أدبي مجنون مثل Queneau في أولاد الطين. لذا كان يجب إيجاد نظام. والصعوبة تكمن في أن هذا النظام يجب أن يستجيب لعدة ضغوطات من طبيعة ومستويات مختلفة.

يتبع القاموس عادة ترتيباً أبجدياً أو مصطلحياً: ومن السهل معرفة كيفية البحث عن مادة معينة. وللكتاب مخطط مقروء، كل باب على حده في الفهرست، الذي يتفاوت في درجة تحليله، وفي تسلسل الكتاب الذي يتطلب وقتاً لاستعراضه يختلف حسب سرعة القارئ، اهتمامه أو بكل بساطة مهارته. وفي الوقت ذاته فلقد اعتدنا جميعاً بسرعة ودون أن نعي ذلك على روابط الكتابة الإلكترونية "الفائقة النصية" بتحويلاتنا وتصالباتها المتعددة التي تسمح بها. وهذه المشاركات السريعة والمرنة من مستوى لآخر، وهذه القفزات من موضوع لآخر دون روابط قوية،

تؤدي إلى أن ينشأ من ذلك نظام أو بالأحرى أنظمة دائمة التشكل والزوال وإعادة التشكل ومتعلقة بالتواجد الافتراضي لكل العناصر. إن ترتيب مجموعة من الدروس تقدم خلال عام كامل، مختلف أيضا. فمن جهة هناك زمنية ثابتة ودورية، مع تقاربات مباشرة وقوية ضمن مجموعة من الدروس المرتبطة ببعضها حسب الموضوع، والبعض الآخر سيصبح لا محالة متوسعا، بل متقبا حسب الفواصل الزمنية بين الدروس. هذه الفواصل التي تتغير حسب الحضور الاتفاقى للمحاضرات، وحسب ضعف الذاكرة والتباعد. يوجد هنا عامل ضاغط يبدو ظاهريا وكأنه عفوى، لكن تتجم عنه نتائج فكرية مهمة. خلال دورة من المحاضرات فإن الروابط الفائقة النصية ذات المظهر السحري والساحب وأيضا العفوى، تجد نفسها مثبتة، مثقلة نوعا ما بعلاقتها بإيقاع واقعى وهو إيقاع الدروس التي تتالى يوميا. إن ما للتقديم الكتابى من صرامة، يصبح أقل رسوخا، وإن ما للتقديم الفوق نصى من حركية وسيولة مفرطتين، يجد له هنا تنظيما وترتيباً. ومن هذه الضغوطات غير المتجانسة والتي كانت مصدرا للتعقيد، حاولت أن أجد نظاما يكون فى الوقت ذاته ديناميكيا وثابتا.

وكل نظام، فإن النظام الذى اتبعناه فرض نفسه عبر إلغاء الأنظمة الأخرى.

فلقد رفضت برمجة كانت ستستعيد نظام البنى الموسوعية من القرن ١٩، والتي كانت ستنتقل من الرياضيات إلى المؤسسات الإنسانية وإلى الوجود الواقعى متبعة نظاما إيجابيا على طريقة أوغست كونت. وطبعاً رفضت أيضا نظاما "حسب المواد" الذى يتطابق مع التقسيمات المهنية للمنظمات الفكرية. من المؤكد ليست هذه هى الحال دائما. فبقى هناك مجموعة من دروس التاريخ لكن الدرس الذى يطرح مسألة التاريخ كعلم إنسانى يتدخل فى موضع آخر، وهناك مواضيع تاريخية أخرى تتم معالجتها ضمن سياق توصيف حالة العالم. وهذا الحذر تجاه التصانيف الأكاديمية دفعنى إلى الحذر من ناحية أكاديمية أخرى، وهى أن المستجدات الفكرية فى يومنا هذا يتم تناولها عبر وسائل الإعلام بشكل متسارع وسطحى كمواضيع



متعددة يتم تقديمها عدة مرات ثم توضع على الرف، مثل العولمة، والعضويات المعدلة وراثيًا، الاستنساخ، التنمية المستدامة، الدفاع عن التنوع الحيوي، الاستثناء، العنف في المدن، مخاطر الإنترنت بالنسبة للاتصالات،... إلخ. إن الحساسية تجاه هذه المواضيع تعكس اهتمامات الأفراد بالإضافة إلى قضايا عميقة وأساسية. خيارى كان إذن مقارنة هذه المواضيع بشكل دقيق ما أمكن لتجنب عدم الوضوح المرافق لـ "قضايا الساعة" أو المواضيع الدارجة. لذا تم التعرض لمشاكل الاستنساخ عبر عدة دروس تناقش علم الوراثة والأخلاقيات. كذلك الأمر بالنسبة للأسئلة التي تثيرها العضويات المعدلة وراثيًا التي تمت مقاربتها في التكوين، والتنوع الحيوي والتطور. أما الاستثناء فتتم مقاربته انطلاقًا من الرابط الاجتماعي والعمل التشاركي وآليات التضامن. وتمت مناقشة مواضيع الإنترنت على الأقل في ستة دروس تناولت جوانب متعددة جدا تقنية قانونية وأخلاقية. وكلما أمكن ذلك، فضلت مقاربات عرضية تتناول أشياء (بما فيها الأشياء المعاد تشكيلها أو المبنية) مثل الأراضي، المدينة، الدولة، السكان، المعالجات، إنتاج الثروة... إلخ. وهذه الأشياء تكون موضوعًا لسلسلة من الدروس تحاول إضاءة جوانبها المختلفة انطلاقًا من مقاربات تتبع لتخصصات مختلفة. وقد يبدو ذلك غريبًا للوهلة الأولى. ولهذا السبب خاب أمل بعض الحقوقيين لأنهم لم يجدوا سلسلة مهيبة من دروس القانون تذكرهم "بكلياتهم" العزيزة عليهم المنغلقة دائمًا على ذاتها، إذ أننا لا نجد إلا ثلاثة دروس محققة لرؤيتهم، لكنهم لم يروا أو لم يريدوا أن يروا، إلا مواضيع كثيرة ومتعددة، والكثير منها يصبح بين حين وآخر مجال مقارنة قضائية (المعالجات، الأسرة، الدولة، الاتصالات الإلكترونية، البيئة والمخاطر...). والحال ذاتها بالنسبة لرابطة الفلاسفة التي شعرت بنفسها مهمشة، لأنه لم يفسح المجال لها أن تتعرف على ذاتها في مواقعها التقليدية. علمًا بأن هناك عددًا من المقاربات التفكيرية حول مواضيع واقعية تمت إلى الفلسفة بشكل قوى.

وأخيرًا حتى لا نبقى على الوهم القائل أن هذه المعرفة القادرة لها قوة الدوغما، حاولت أن أوجد استراحات للتفكير النقدي لمناقشة شروط إمكانيات

المقاربات العلمية، لما اتفق على تسميته الإبستمولوجيا الخاصة بها، ونتائج التقنيات الأخلاقية والاجتماعية. وهذا حال الدروس الأربعين الأولى حول الحياة حيث بعد أربعة عشر محاضرة مخصصة عن الحياة وتنوعها، تم تخصيص تسع محاضرات لدراسة العلم، العقلانية، الخبرة، التقنيات وأخلاقيات المسيرة العلمية والتقنية. وبعد الانتهاء من هذه الاستراحة المخصصة للتفكير، يمكن التطرق إلى قضايا الوراثة والعلوم العصبية بشكل أقل بساطة. وسلاحظ القارئ أن الدروس ذاتها تؤكد بشكل واضح هذه المقاربة النقدية: إذ يتم التأكيد فيها من قبل جميع المحاضرين تقريباً على قوة المعرفة العلمية ومواردها الكبيرة. لكن الوعي بحدود هذه المعرفة واضح وجلّى أيضاً. يمكننا أن نقول إننا نعلن عن الوصول إلى حالة يمكن أن نصفها بأنها إيجابية متفكرة تعترف بذاتها حدودها الخاصة. لم نعد كالسابق ضحايا ضياع درامي وسط معارف مفككة، بل أكثر وعياً للطبيعة المحدودة لتوجهنا، وأكثر تواضعاً في تبجحنا بامتلاك علم لم يكن يوماً أقوى مما هو عليه الآن.

وإذا اعتبرنا الآن التنظيم العام لمجموع هذه الدروس، ليس تحت زاوية المبادئ، بل كرواية تجرى على طول السنة، فإنّ ارتأيت عن قصد أن تظهر هذه الرواية علاقة المعرفة بأهداف محددة بوضوح.

لقد ظهر لي أن البدء بموضوع الحياة يفرض نفسه. ونحن كأحياء لدينا خاصية البحث (مع النجاح أحياناً) لمعرفة ذواتنا، وخاصة في البحث عن ما الذي يجعلنا كائنات حيّة. لقد بدأت الحياة في مشروع معرفة ذاتها، كما أكد على ذلك قبلي وبشكل أفضل جورج كانغيلهم **Georges Canguilhem**. ومن جهة أخرى رأت السنوات الأخيرة، التطور المدهش ونجاحات علوم الحياة، مع ما يترتب على ذلك من نتائج عظيمة بالنسبة للتطور السكاني في القرن العشرين وبالنسبة لكل ما دعاه ميشيل فوكو **Michel Foucault** السياسات الحيوية والسلطات الحيوية، وعاد بظهور ذلك إلى نهاية القرن ١٨. إن دروس "جامعة كل المعارف" تبدأ إذن بالحياة، بشكل عام في تنوعها، لتصل بالتدريج نحو التعرف على الإنسان في وسط هذا التنوع، وما هي مناطق القرابة وأيضاً التمييز بالنسبة لباقي الحيوانات (اللغة والمعايير



القضائية)، ثم نحو معرفة السكان (مقاربات سكانية - ديموغرافية)، وماذا يجعلها تتغير وتتبدل (التغذية من جهة والوسائل الصحية من جهة أخرى). ثم، وفقط بعد ذلك، سيتم التطرق إلى علوم الإنسان ومواضيعها: الأراضي، المدينة، التاريخ، الثروة، المجتمع، العمل، الشركات، الأمم والدول. هذه المجموعة ستشغل الأجزاء الثلاثة الأولى المطبوعة من جامعة كل المعارف.

وبعد الانتهاء من هذا المسار، نقترح العودة إلى العلوم التي تُدعى الصحيحة، باستثناء علوم الحياة التي تمت مناقشتها، المعارف الرياضية، معرفة الكون، والكرة الأرضية، والمادة. وهكذا هناك جامعة علمية، تم اقحامها في قلب مسار جامعة كل المعارف. وحتى نكون صادقين، فإن أسباب هذا الخيار ليست نظرية فقط. إذ كان يجب أن نقدم للجمهور خلال صيف ٢٠٠٠ مواضيع يسهل التعرف عليها ودون ملاحظات درامية حولها، في زمن يدعو للاسترخاء وللفضول أكثر من الهم. في الواقع هذه أسباب مرتبطة بالموسم قبل كل شيء. لكن لها مزايا لا يمكن الاستهانة بها. فهي تسمح قبل كل شيء بالخروج عن الفكرة المألوفة القائلة بتراتبية معينة في العلوم، حيث يحافظ علم الفلك على أولويته الإغريقية. كما تسمح أيضا بإيضاح المزيج الرائع من التقنية، الأدوات، الحساب والنظرية الصرفة، التي تميز المقاربات في مجال علوم المادة. وتبرهن هذه على براعة تقنية، حاسوبية، مقلدة، ونظرية تؤمن النجاح في مجال الفيزياء الفلكية كما في فيزياء المادة. وتبدو العلوم الصحيحة، وهي معزولة، في كامل غرابتها التقنية والتجريبية وليس فقط كأساس لكل ما يأتي ... من بعدها.

والمرحلة الثالثة الكبيرة مخصصة للتقنية: التقنيات، الاتصالات، النقل (بما في ذلك نقل المعارف)، التلوث، المخاطر، المواد الجديدة، وذلك ضمن رؤية أريد لها أن تكون موجهة نحو المستقبل القريب، بكل تحدياته وشكوكه. مما يوصل في النهاية إلى الوضع الراهن السياسي، الاقتصادي والثقافي للكوكب في عصر عولمته.

ومرة أخرى، فإن مجموع هذه الدروس لا يشكل موسوعة تدعى الشمولية، بل مقاربة للعلوم والتقنيات والممارسات الموجهة للمواضيع والأسئلة التي تهتمنا نحن البشر جميعاً في نهاية القرن ٢٠ وبداية القرن ٢١. وأيضاً فإن النقد والتفكير يجب أن ينشأ من التقاء هذه المقاربات، ومن جدليتها، بما في ذلك تناقضاتها. ومن جهة أخرى فإن الكلام عن التساؤلات والإسقاط يجب أن لا يدعنا نفكر أننا نتوقع مستقبلاً من الخيال عبر أسئلة سخيفة مثل: "كيف سنسافر بعد ١٠٠ سنة؟"، "هل سنعيش حتى عمر ١٢٠ سنة؟"، "هل سنرى صداماً للحضارات؟"، إلخ. تم استبدال الحرص على الشمولية بالحرص على الدقة. والإسقاط على المستقبل يتم السيطرة عليه بمبادئ وثيقة الصلة بالموضوع. وإذا كان هذا النوع من الاهتمامات التي تمت مقاربتها هنا، لن تبدو غريبة، أو سخيفة في نهاية العقد الأول من القرن ٢١ فإنني أعتبر نفسي كسبت أحد رهانات "جامعة كل المعارف".

ومن الواضح منذ الآن، أن بعض المواضيع والمواد تم نسيانها أو لم يتم تغطيتها بشكل كاف. فالمواضيع العسكرية مثلاً، وعلى الرغم من الدروس الثلاثة أو الأربعة التي تقاربها، لم تتم معالجتها بشكل كاف، ربما لأننا نشمئز من رؤية مدى وزنها وتأثيرها في التطورات العلمية والتقنية وفي السياسات المالية والدبلوماسية. والأمر ذاته بالنسبة للمسائل التي تطرحها النظم الجزائية، فلم تتم مقاربتها، وبشكل خاص المكانة شبه الوحيدة التي تشغلها عقوبة السجن. وهناك هفوات أخرى سيشير إليها من كل بد مستمعين أو قراء متطلبين.

وعلى هذا أرد بشيئين. نحن من جهة سنحاول أن نصلح ذلك خلال برمجة الدروس الأخيرة من جامعة كل المعارف، والتي تركت فارغة حتى الآن لتسمح بمثل هذه التصحيحات والإضافات. ومن جهة أخرى، فإن جزءاً من مفهوم جامعة كل المعارف هو أن مسارها يجب أن يتم بشكل منتظم تكميله ويعاد تعريفه انطلاقاً من الأسئلة الجديدة التي يتم طرحها. يمكننا أن نتخيل إذن أن المغامرة ستستمر ليس



لمتعة البقاء طويلاً، لكن للأخذ بعين الاعتبار بالتوجهات الجديدة والمنعطفات سواء  
أكان ذلك بالنسبة للعلوم أو بالنسبة للأفكار - لكن هذا الآن، كما يقال، قصة أخرى.

**إيف ميشو Yves Michaud**

**الأول من أيار ٢٠٠٠**





## المقدمة

لقد بدأت "جامعة كل المعارف" كحدث، وأصبحت واقعًا مجتمعيًا.

كيف يمكن في ٣٦٦ يومًا أن نجول في أفق المعرفة البشرية؟ كيف يمكن أن نقارب، وبكل هدوء، ما نعرفه - وهو بازدياد مستمر - وأيضا الأسئلة التي نطرحها على أنفسنا وبشكل خاص الأسئلة التي سوف نطرحها في السنوات القادمة؟ باختصار كيف وفي مطلع القرن ٢١ نستطيع أن نغتنم وهلة للتفكير دون أن ننكفئ على الماضي؟.

لقد طلبت من Yves Michaud أن يتكفل بتصميم وبرمجة جامعة كل المعارف هذه. واستطاع أن يستعيد روح القرن ١٨ من وجهة نظر نقدية وديمقراطية. واستطاع باستشارة العاملين في المجال الثقافي، والعلمي، والمهني الفرنسي، أن يجعل من هذه التظاهرة انعكاسًا للعلوم وهي تتشكل، كما تناقش، وكما تطبق اليوم في المخابر والمعامل. وبمساعدة فريقه، اقترح برنامجًا كاملاً ومرناً، لكن يخلف لدينا حسرة واحدة، وهي أننا لا نستطيع حضور كل المحاضرات.

ومما ساهم في نجاح "جامعة كل المعارف"، أنها تسمح للمحاضرين أن يحددوا واقع موضوع ما بكل هدوء، وتحديد التحديات الراهنة والمستقبلية فاتحين بذلك المجال لمناقشة مستتيرة. ومما يدهش أن نرى كيف أصبحت "جامعة كل المعارف" مكانًا للحوار والنقاش بين الجمهور والمحاضرين، بين المحاضرين مع بعضهم عبر محاضراتهم، وبين المستمعين مع بعضهم. وأن نرى كيف يستمر النقاش خارج قاعة المحاضرات، في المترو أو على الإنترنت. ونشر هذه النصوص سيسمح بمتابعة وتفعيل هذه النقاشات.

وإضافة لذلك يمكن أن نذكر نجاحًا آخر لجامعة كل المعارف، وهو قدرتها

على التكيف مع كل وسائط الإعلام القديمة كما الحديثة. والمحاضرات التي أقيمت في الكونسرفتوار الوطنى للفنون والمهن، تم نقلها إلى كل الأراضى الفرنسية، وفي الدول الناطقة بالفرنسية أيضا، بواسطة حوارات مع المحاضرين، وإعادة بث المحاضرات كاملة، بالتلفزيون أو الإنترنت، ونشر مقتطفات طويلة من المحاضرات في الصحافة المكتوبة. وبالتالي حظيت هذه التظاهرة بإشعاع تجاوز الحدود الوطنية ليصبح عالميًا. وأصبحت هناك رسائل وبريد يرد إلى أعضاء فريق "جامعة كل المعارف" من البرازيل، والولايات المتحدة الأمريكية، واليابان، وكندا،... إلخ. والمحاضرون الأجانب الذين تمت دعوتهم لإلقاء محاضرة في الجامعة، عندما يلتقون في نيويورك... يذكرون مشاركتهم في "جامعة كل المعارف".

إن نشر كل هذه الدروس يشكل مرحلة رئيسية من مراحل وضع المعرفة بتصرف الجميع. ويسعدنى أن يتم ذلك بسرعة وأنا واثق من نجاحها، خاصة أن كثيرين من الذين لم تتوفر لهم إمكانية حضور الدروس، ينتظرون صدورها بفارغ الصبر، ويرغبون في الاستفادة من كم المعلومات هذا، وهناك أيضا الذين حضروا المحاضرات، ويرغبون في الاحتفاظ بأثر، أو ذكرى منها، أو أن يغرقوا من جديد في التفكير بهذه المواضيع. وبفضل هذا النشر، ستكون آخر موسوعة في القرن العشرين هي أيضا الأولى في القرن الواحد والعشرين.

وهذا الكتاب الذى يشكل أساسًا غنيًا جدًا للتفكير، ليس هو النهاية. لقد ولد حراك يجمع الثقافة، والمتعة والتأهيل. ومتعة التعلم بحاجة إلى متابعة.

جان جاك أياغون

رئيس لجنة الاحتفال بعام ٢٠٠٠

## ملاحظات على النص والترجمة

١- هذه المحاضرات أُلقيت، وليست نصوصًا كُتبت لتُشر. وبالتالي فإن تقطيع الجمل وتكرار بعضها عائد لشروط الإلقاء وجذب انتباه المستمع. ولقد حافظت على الصيغ الإلقائية القصيرة كونها بقيت على حالها في النص الأصلي الفرنسي المنشور.

٢- تطرح الترجمة العلمية قضايا شائكة، بصرف النظر عن أن بعض الكلمات لم تعرّب حتى الآن. فإن المرجع المعتمد هو المعجم الطبى الموحد، الطبعة الرابعة ١٩٨٤، الذى نشر بإشراف مجلس وزراء الصحة العرب ومنظمة الصحة العالمية واتحاد الأطباء العرب والمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم. وللأسف الشديد فإن بعض الكلمات والتعابير تبدو غريبة ومستهجنة، ومعظمها غير مستعمل، أو على الأقل لم يمر على فى جامعة دمشق. لذا لجأت بالنسبة لبعض الكلمات إلى استعمال الكلمة الشائعة المستعملة والكلمة المعتمدة رسميًا والكلمة المعربة بالإضافة إلى وضع الأصل الأجنبى تجنبًا للالتباس وتسهيلًا للفهم.

لا أعتقد أننا نفيد العربية أو الكتابة العلمية العربية باستعمال غريب الألفاظ والكلمات النادرة المستقاة من التاريخ القديم. سلاسة اللغة وشيوع ألفاظها تقرّبها من الفهم وتجعلها أليفة على الأذن. وإذا كنا نسعى إلى إغناء المكتبة العربية ونشر لغتنا كحامل للعلوم والمعارف وجب تقريب اللفظ من الشائع المفهوم والابتعاد عن الغريب النادر القديم.

٣- هناك مصطلحات شائعة فى لغات العلوم، سواء أكانت حيوية أو لها علاقة بالحواسب والإلكترونيات. واستعمال مصطلحات جديدة منحوتة ولكن مجهولة لن يؤدى النتيجة. فنحن فى نهاية المطاف نسعى إلى نشر المعرفة



وإلى إيصالها إلى أوسع شريحة لتعم الفائدة ولنساهم فى رفع المستوى العلمى. واستعمال مصطلحات نادرة سيؤدى إلى أن رسالتنا ستبقى محصورة فى شريحة ضيقة فلا تؤدى المرجو منها. لسنا هنا بصدد استنباط كلمات جديدة وليست مهمتنا هى ترسيخ تعابير معينة. أرى أن الهدف من نشر جامعة العلوم باللغة العربية هو تعميم المعارف والعلوم بلغة قريبة وتعابير يسيرة لتكون سهلة التداول، محببة فى القراءة والاستتارة فى المواضيع التى تطرحها. وهذه هى الأسباب التى كانت وراء وضع فكرة جامعة كل المعارف موضع التطبيق.

المترجم

الباب الأول

ما الحياة؟





**ما الحياة؟<sup>(١)</sup>**  
**بقلم: فرانسوا جاكوب**  
**François JACOB**

ترجمة: د. سامر اللاذقاني

من أجل افتتاح عام الـ ٢٠٠٠ بجلاله ووقاره، والذي لا يعنى شيئاً إلا تحية لمجد الأصفار، طُلب مني أن أجيب على السؤال التالي: ما الحياة؟ ويبدو لي هذا السؤال مناسباً خاصة أنه لا جواب له. ومنذ أن وُجد بشر وبدأوا يفكرون، لا بد أنهم طرحوا على أنفسهم هذا السؤال. ويتعلم كل فرد بسرعة، أن قدره عاجلاً أم آجلاً هو الموت. وكل فرد رأى حيوانات أو أناس ميّتين. والجميع يعلم أن الحياة هي حالة زائلة. كما أن كل فرد يود أن يعلم ما هي مكوناته. وللأسف فإنه من الصعوبة بمكان، لا بل من المُحال، تعريف الحياة. إنها مثل الزمن، كل فرد لديه فكرة حسية عن ماهية الزمن. لكن من النادر أن يفلح في تعريفه. لكن إذا كان الجميع يذكر الحياة حسب علاقتها مع الموت، فإن القليلين هم الذين يتكلمون عنها حسب علاقتها مع الجماد، الجبال والصخور والرمل والماء،... إلخ.

وفي الواقع، فإن التقسيم بين الحي وغير الحي حديث نسبياً في العلوم. وحتى نهاية القرن الثامن عشر، كانوا يدرسون الحيوانات والنباتات. كانوا يقارنون بين أشكالها، ويصنفونها، وكان هذا هو التاريخ الطبيعي. لكن فقط في بداية القرن التاسع عشر اهتم عدة مؤلفين، منهم لامارك (Lamarck)، بخصائص الكائنات الحية مقابل الأشياء الجامدة وتم استعمال تعبير علم الأحياء. وإنه مثير للاهتمام أن

---

(١) نص المحاضرة رقم ١ التي أُلقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١ يناير ٢٠٠٠.

نذكر أن ظهور علم الأحياء تزامن مع ظهور الرومانسية. وبُدئ التكلم عن الحى عند حدوث أول انتحار فى الأدب: (الشاب Werther).

لقد حاول العلماء والفلاسفة طويلاً كشف سر الحياة. ففكرة الحياة كانت توحى بوجود مادة معينة، أو قوة ذات طبيعة خاصة. وكان التفكير السائد بأن "المادة الحية" كما كان يقال عنها، تختلف عن المادة العادية بوجود مادة أو قوة تعطيها خواصاً متميزة. وبحث الجميع خلال قرون عديدة، عن هذه المادة أو القوة الحيوية. لكن فى الحقيقة، الحياة آلية مستمرة، وعملية تعضى للمادة. وهى غير موجودة ككيان مستقل يمكن توصيفه. وبالتالي يمكن دراسة الآلية أو التعضى، لكن ليس الفكرة المجردة للحياة.

يمكن أن نحاول وصف، كما يمكن أن نحاول تعريف ماهية العضوية الحية. ويمكن أن نبحث عن تحديد للخط الفاصل بين الحى وغير الحى. لكن لا يوجد "مادة حية". يوجد فقط مادة تشكل الكائنات الحية وليس لهذه المادة مواصفات خاصة لا تملكها المادة المشكلة للجماد.

وإذا استمر المبدأ الحيوى vitalisme طويلاً، وإذا حتى فى بدايات القرن العشرين، كان ما زال هناك الكثير من العلماء الحيويين الذين يدعون وجود قوة سرية تحرك الكائنات الحية، فمرد ذلك بكل وضوح أن النظريات المعاكسة لم تكن كافية لمواجهتهم. فالذين كانوا يرون أن الكائنات الحية ليست أساساً من طبيعة مختلفة عن المادة الجامدة، كانوا يعتقدون، كما ديكارت Descartes ، أن العضويات - باستثناء الإنسان - ليست إلا آلات. ومن الواضح أن مثال الآلات قاصر جداً عندما نطبقه على العضويات: فنحن لم نر آلة تستطيع بناء ذاتها، وقادرة على التكاثر، أو أن تحصل بقواها الذاتية على الطاقة التى تحتاجها. ومع ذلك، فلم يتم التخلّى فى النهاية عن هذه الفكرة إلا مؤخراً.

وجّه الكيميائيون الضربة الأولى المهمة إلى المبدأ الحيوى. إذ أنه نتيجة الاعتقاد أن الأجسام الحية تختلف فى طبيعتها عن الجماد، كان يُظن أن الكيميائيين

عاجزون عن صناعة مركبات الحى، أى ما يدعى أجسام عضوية. لكن عام ١٨٢٨ نجح فردريك فوهلر Frederik Wöhler فى المخبر، بتركيب مادة عضوية هى البولة urée، انطلاقاً من مكونات معدنية. وكان ذلك البرهان الأكيد أنه يمكن فى المخبر تحويل مركبات لا عضوية إلى جزيء عضوى.

وكانت نهاية القرن ١٩ بالنسبة لعلم الأحياء مرحلة نادرة الخصوبة. فقد كانت مرحلة النظريات الكبيرة:

- نظرية الأحياء الدقيقة germes من باستور Pasteur. لقد تم اكتشاف الأحياء الدقيقة فى نهاية القرن ١٧، بفضل اختراع المجهر. لكن وحتى لزمان طويل لم يعرف أحد ماذا يفعل بها وأين يمكن وضعها. لكن فقط باستور وضّح دور هذه الكائنات الحية الصغيرة فى أمراض الإنسان والحيوانات، وكذلك فى بعض الصناعات، مثل صناعة النبيذ والبيرة. ومن جهة أخرى، برهن باستور أن الجراثيم تولد من جراثيم أخرى، وأنه لا مكان للتوالد العفوى.

- النظرية الخلوية مع شلايدن Schleiden فى النباتات، وشوان Schwann عند الحيوانات. وقالوا أن كل العضويات مؤلفة من خلايا. والخلية هى الوحدة الأولى للكائن الحى. وهى أصغر عنصر يملك كل خصائص الكائن الحى. يتم التكاثر بواسطة الإلقاح، أى اندماج خليتين جنسيتين: الحيوان المنوى والبويضة. ويتم تطور الجنين انطلاقاً من البويضة التى تم تشكيلها، وذلك بتضاعف الخلايا وتمايزها فى خلايا متخصصة (عضلية، عصبية، كبدية، ... الخ).

- نظرية التطور مع داروين Darwin. فالعالم الحى كما نراه حولنا، بما فى ذلك أنفسنا نحن البشر، هو نتيجة تاريخ الأرض. والأنواع تتحدر من نوع لآخر حسب آلية تخيلها داروين ودعاها الاصطفاء الطبيعى.

وفى نهاية المطاف، فكل الكائنات الحية تتحدر من عضوية واحدة أو عدد



بدئى صغير منها. وهذا يقودنا إلى أن نطرح السؤال حول منشأ هذه العضوية، أى حول منشأ الحى.

وتطور فى بداية القرن العشرين اختصاصان جديان: الكيمياء الحيوية وعلم الوراثة. وتسعى الكيمياء الحيوية لتحليل عناصر وتفاعلات الخلية. ومعها عثرت التجارب على مدخل إلى كيمياء الحى. وهى تحلل عددًا كبيرًا من التفاعلات البسيطة نسبيًا. وتتابع التحولات التى تتشكل عبرها مخازن الطاقة وتتشكل مواد البناء.

عندما نحلل مكونات الخلية، نلاحظ أنها مشكلة من نوعين من الجزيئات : جزيئات صغيرة وجزيئات كبيرة جدا. يتم تشكل الجزيئات الصغيرة عبر سلسلة من التفاعلات المتتالية. وفى كل مرحلة تتم إضافة أو نزع مجموعة صغيرة من الذرات. وكل تفاعل يتم بواسطة بطريقة نوعية من قبل أنزيم خاص.

أما الجزيئات الكبيرة فتتم صنعها بطريقة مختلفة جدا. فهى مكاثير (polymères) تشكلت عبر تكرار التفاعل ذاته. وفى كل مرحلة تتم إضافة النموذج ذاته من الجزيء الصغير. وبالتالي يمكن لهذه المكاثير أن تحتوى على مئات، أو حتى آلاف من هذه القطع. وهناك نوعان منها يلعب كل منهما دورًا أساسيًا فى الخلية:

- الحموض النووية acides nucléiques هى مكاثير polymères لما يدعوه الكيميائيون: أسس بوريينية puriques وأسس بريمدينية Pyrimidiques، التى يوجد أربعة منها. وهناك نوعان منها: الدنا، الحمض الريبى النووى المنقوص الأكسجين (ADN) الذى يؤمن الحفاظ على المعلومات الخلوية ونسخها، والرنا، الحمض الريبى النووى (ARN) الذى يستفاد منه بشكل خاص لنقل المعلومات.

- البروتينات: وهى مكاثير لحموض أمينية التى يوجد عشرون نوعًا منها. وتفيد البروتينات فى تحديد بنى الخلية وتشكيل الأنزيمات، التى تتوسط التفاعلات الكيميائية.

وكلما وضح تكوين الكائنات الحية والتفاعلات التي تجرى فيها، كلما قل الاختلاف عن ما يجرى في المخبر. وتكمن خاصية الكائنات الحية بشكل خاص في الأنزيمات، ووظيفتها كوسائط. لأنه بفضل دقة، وفعالية ونوعية الوساطة الأنزيمية، يمكن نسج شبكة كل التفاعلات الكيميائية في فضاء الخلية الدقيق. وتتشترك هذه الفعاليات الأنزيمية مع وجود البروتينات. وإذا كان لكيمياء الكائنات الحية سر، فيجب البحث عنه في طبيعة وصفات البروتينات.

والمجال الجديد الآخر، أى علم الوراثة فقد ظهر فى بداية القرن ونما معه. فى الحقيقة لم تسترِع أعمال مندل Mendel، التى أجراها ونشرها فى ١٨٦٠، اهتمامًا كبيرًا. وتم "إعادة اكتشافها" فى بداية القرن، وفى الوقت ذاته، من قبل عدد من علماء الأحياء. وتقود هذه الأبحاث إلى الفكرة القائلة أن "الصفة" أو ما نراه تحددها "جزيئة"، لا نراها وهى مخفية فى قلب الخلية. دعيت هذه الجزيئة: "المورثة" أو الجينة. ومنذ ذلك الحين، وعلم الوراثة يتابع بحثًا لا يكل ولا يضمنى محاولاً أن يفهم ما هى المورثة، آلية عملها وخواصها. وكلما تقدمنا معرفة، كلما ظهر واضحًا أن الجينات موجودة فى قلب كل خلية، وكل عضوية، وأن علم الوراثة أساس كل علم الأحياء.

وانشغل الثلث الأول من القرن بالبحث عن الطفرات عند مختلف الحيوانات والنباتات، بالإضافة إلى التصلبات بين عضويات مختلفة عبر عدة طفرات. ومنذ عام ١٩١٠ تم إثبات أن مورثة معينة تشغل مكانًا محددًا ويمكن أن نعطيها موقعًا على صبغى chromosome معين. وتم نشر أول خارطة وراثية مع واسمات متعددة، مع الترتيب الخطى للمورثات على صبغى فى عام ١٩١٣.

وجّه علماء الوراثة أبحاثهم لدراسة العضويات المعقدة، وميزوا بشكل خاص الجينات الموجهة للصفات الشكلية أو التصرفية. لكن فى نهاية الثلاثينيات تجدد لدى علماء الوراثة الاهتمام بالكيمياء الحيوية. واتسع التحليل الجينى ليصل إلى الأحياء الدقيقة. وسمح باكتشاف مورثات محددة لتفاعلات كيميائية حيوية. وأصبح بالتالى

ممكناً تشريح المسارات الاستقلابية، وتحديد ترتيب التفاعلات المتتالية، وإظهار أن وساطة كل مرحلة، بما فيها البروتين الذى يقوم بدور الوسيط، تخضع لمورثة محددة.

وخلال كل هذه المرحلة ظهرت المورثات وكأنها "كائنات فكرية"، أو بنى تخيلية ضرورية لشرح ظواهر معروفة. ولم يكن أحد قد رآها بعد. ولم يكن ممكناً تنقيتها أو وضعها فى زجاجات. وكانت تمثل غالباً كلاً من مرصوفة على خيط نظرى يمثل الصبغى. ومع تقدم الأبحاث التى أظهرت أن الدنا، الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين ADN، هو الحامل للصفات الوراثية لدى البكتيريا والحمات الراشحة Virus، بدأت الجينة تأخذ شكلاً وقواماً، ولم تعد مجرد بناء فكرى.

وفى منتصف هذا القرن، طرأ تغيير جديد فى طريقة تقييم العضويات الحية. وهذا التبدل يتوافق مع ظهور علم الأحياء الجزيئى، الذى كان مجرد فكرة أتت التجربة فيما بعد لإثباتها.

تقول الفكرة، إن صفات الكائنات الحية يجب أن تفهم بالضرورة بواسطة بنى وتداخل لتأثيرات الجزيئات المشكلة لها. والفضل فى عرض هذا المفهوم يعود لمجموعة من الفيزيائيين، خاصة برنال Bernal، نيلس بوهر Niels Bohr، ديلبروك Delbrück، شرودينغر Schrödinger الذى كان يقول، إن كل تفسير حيوى يجب أن يرتكز على قاعدة جزيئية، ولو اضطر ذلك إلى إيجاد قوانين جديدة، التى وإن بقيت فى نطاق الفيزياء، لكنها لا يمكن العثور عليها إلا فى الكائنات الحية. وهذا لم يمكن ملاحظته حتى يومنا هذا.

وتم الحصول على التفسير الجزيئى الأول فى علم الأمراض، وذلك بدراسة الخضاب hémoglobine فى فقر الدم المنجلي anémie falciforme. لكن إثبات أساس علم الأحياء الجزيئى أتى من التعرف على البنية الجزيئية للدنا ADN والذى أثبت وبشكل قاطع صحة وجهة نظر الفيزيائيين. وبواسطة البنية التى اقترحها



واطسون Watson وكريك Crick، تم العثور على جواب فى خواص جزيء واحد، لسؤال من أكبر الأسئلة المطروحة على البشرية، ألا وهو: الوراثة.

فى البداية ركزت البيولوجيا الجزيئية أبحاثها على البنى الأكثر بساطة: البكتيريا والحمات. وتمتاز الجراثيم، بأنه اعتباراً من فرد واحد، يمكن الحصول خلال ساعات على مجموعة متجانسة تضم مليارات الأفراد. وعلى العكس من ذلك، فإنه انطلاقاً من مجموعة مكونة من مليارات الأفراد، يمكن عزل فرد يحوى طفرة خاصة، إذا استطعنا تخيل وسط اصطفائي يسمح بتكاثر حامل الطفرة هذا. ومن هنا نشأت أهمية الجراثيم بالنسبة لكل من علماء الكيمياء الحيوية والوراثة. بعد أبحاث باستور، لم تحظ الجراثيم بالاهتمام إلا لدورها فى أمراض الإنسان والحيوانات وفى تطبيقات الصناعة. وكانت أهميتها كبيرة فى هذه المجالات، لدرجة أنها كسفت دراستها من الناحية الحيوية. وفى منتصف هذا القرن أصبح من الواضح أن الجراثيم مكونة من العناصر الكيميائية ذاتها المكونة للعضويات الحية كلها. وأنها أيضاً، كما هى الحال لدى العضويات الأخرى، تملك أيضاً مورثات متموضعة على صبغى.

وأثبتت الأبحاث المجراة فى منتصف هذا القرن وحدة البنية والوظيفة فى عالم الأحياء. وظهرت الجراثيم كمادة مناسبة جداً لدراسة مسائل عديدة. أما بالنسبة للحمات، فكانت دقيقة لدرجة أن المجهر الضوئى لم يكن كافياً لرؤيتها، بل احتجنا إلى المجهر الإلكتروني. وتساءل الجميع طويلاً إذا كانت الحماة الراشحة حية. والجواب اليوم هو بالنفى قطعاً. فهى ليست عضويات حية. إذا وضعت الحماة على شكل معلق فى وسط مغذى، فهى عاجزة عن الاستقلاب métaboliser، أو توليد واستهلاك الطاقة، أو النمو، أو التكاثر، أى عاجزة عن ممارسة الوظائف الوصفية للكائن الحى. إن الحماة لا تملك جهازاً أنزيمياً. ولا يمكنها أن تتكاثر إلا ضمن خلية اخترقتها بالنتونة، وتستعمل عندها لصالحها كل التجهيزات الإنزيمائية للخلية المصابة.

واقصر علم الأحياء الجزيئي لفترة طويلة على دراسة الجراثيم والحمّات. وبقيت العضويات عديدة الخلايا خارج نطاق هذا التحليل. إذ أن الدنا فيها معقّدة لدرجة أنها تتحدى إمكانيات علم الوراثة الجزيئي. لكن شيئاً فشيئاً استطاع العلماء أن يتعاملوا مع هذا الدنا، واكتشفوا طريقة لقطع هذا الخيط الطويل فى أماكن مختارة، وإعادة وصل الأجزاء، أو إدخال قطع منها داخل الصبغى. ودعيت كل هذه المناورات: الهندسة الوراثية. وهكذا أصبح من الممكن التعامل مع كميات كبيرة من الدنا المحتواة فى جينوم العضويات المعقدة.

وخلال بضع سنوات، حصل تغير كلى للطريقة التى كانت مُعتمدة وتدرس فيها الكائنات الحية، كيف تعمل وكيف تتطور. وبلغت الحاجة للعثور على تفسير جزيئى للفروع المختلفة لعلم الأحياء، علم الخلية، علم الحمّات، المناعة، الفيزيولوجيا، علم الأحياء العصبى، علم الغدد الصم،... إلخ. وفى المرحلة اللاحقة والتى نحن فيها، قدمت هذه الطريقة الجديدة لرؤية العالم الحى، فى معظم المجالات لعلم الأحياء، زخماً رائعاً من المعطيات الجديدة. ونحن الآن فى مرحلة من التنقية والتكرير والتنقيب. وسمح جهد تقنى لا سابق له بزيادة دقة الطرق المتاحة فى تحليل الجزيئات الكبيرة، الحموض النووية والبروتينات. وبالنسبة لطالب يبدأ اليوم دراسته، ويدخل لأول مرة إلى مختبر، فإنه من الصعب عليه أن يتخيل على أية حال كانت دراسة البروتينات وخاصة الحموض النووية قبل عشرين أو خمس وعشرين سنة. فاليوم يتعلم هذا الطالب نفسه فى بضعة أسابيع تقطيع جينوم genome أية عضوية إلى قطع؛ أو إلى عزل بعض الأجزاء أو إلى تنقية المورثات؛ إلى إنتاج بضع غرامات منها، وموافقها مع أى جزء من الدنا مع أى مورثة أو سلسلة؛ أو حتى حقن جينة ما فى خلية، أو حتى فى نواة بيضة ملقحة. أى باختصار يتعلم هذا الطالب فى بضع أسابيع، أن يتلاعب فى الجزيء، حتى الوراثى، وكأنه يتعاطى مع محرّك سيارة صغير. وكان مدهشاً اكتشاف أن الصبغيات التى كانت تعتبر سابقاً لا يمكن المساس بها، هى فى الحقيقة تخضع لتبدلات دائمة، وأن جزيء الوراثة يتم تشذيبه، تغييره، قطعه، تطويله، تقصيره، أو قلبه. أى أن وجودنا على هذه الأرض ليس إلا حصيلة تركيب كونى كبير جداً.

واليوم، لا يشك أى عالم أحياء، أن العالم الحى كما نراه من حولنا، هو نتيجة تطور استمر مليارات من السنين. وهذا واقع، وتُعترف به حتى الكنيسة الكاثوليكية. وهذا مختلف تمامًا عن ما تعلمناه منذ مائة عام، وخاصة أن نتائج علم الأحياء الجزيئى، لا يمكن تفسيرها بمعزل عن نظرية التطور. وفى الواقع يوجد فى علم الأحياء عدد كبير من التعميمات، لكن القليل جدا من النظريات. ومن بينها، تبرزها جميعا بالأهمية نظرية التطور، لأنها تجمع فى المجالات الأكثر تنوعًا، كمَّا من الملاحظات التى كانت قد بقيت معزولة عن بعضها لولاها. فهى تربط فيما بينها كل الاختصاصات التى تهتم بالكائنات الحية، ولأنها تضع نظامًا لهذا التنوع العجيب للعضويات وتوحيدها بشدة مع باقى الأرض. أى باختصار، فهذه النظرية تقدم تفسيرًا سببيًا للعالم الحى ولعدم تجانسه. لكن إذا كان علماء الأحياء يقبلون اليوم دور التطور فى تكون العالم الحى، إلّا أن هناك خلافات حول بعض جوانب الآليات صاحبة العلاقة. لكن هذه صفة النظرية العلمية وهى أن تكون قابلة للنقاش فى تفاصيلها، وأن تفتح المجال أمام أبحاث جديدة. وتسمح البيولوجيا الجزيئية بإضاءة الكثير من التساؤلات التى تطرح حول التطور. أحب هنا أن أذكر اثنين منها. تتعلق الأولى بمعرفة ما إذا كانت جزيئات العضويات المختلفة مختلفة فيما بينها تمامًا، وكيف يكون ذلك الاختلاف. إذ كان يعتقد ولفترة طويلة أنها مختلفة تمامًا، وأن طبيعة جزيئات العضويات هى التى تمنحها خواصها وميزاتها. أى بتعبير آخر أن للماعز جزيئات ماعز، وللحزون جزيئات حلزون. أى أن جزيئات الماعز هى التى تمنح الماعز ميزاتها الخاصة.

ورويّدًا رويّدًا، ومع تحسن وسائل تحليل البروتينات والجينات، وكلما تمت دراسة عضويات أكثر، اكتشفنا أن بعض الجزيئات، كالخضاب مثلًا أو، الهرمونات هى ذاتها تمامًا أو تقريبًا فى عضويات مختلفة كليًا. وبالتدريج، ظهر أن هناك علاقة قرابة بين كل الحيوانات وكل الكائنات الحية، لدرجة لم تكن سابقًا مشكوك بها. وأن الجينات والبروتينات ليست أشياء وحيدة، أو خاصة بنوع معين. ونحن نجد بنى قريبة جدا من بعضها بين نوع وآخر. لا بل حتى ضمن نوع واحد،

فإننا غالبًا ما نجد بنى قريبة جدا من بعضها البعض، تقوم بوظائف مختلفة جدا. كما أننا كثير ما نصادف قطعًا من متواليات مشتركة مدمجة ضمن متواليات مختلفة. إن الجينات والبروتينات هي في الغالب مثل الفسيفساء، تتشكل من تجميع عدد من العناصر، وعدد من الرسومات يحمل كل منها موقعًا للتعرف. وهذه الأشكال موجودة بأعداد محدودة، ألف أو ألفان. وتوفيق هذه الأشكال مع بعضها يعطي البروتينات تنوعها اللانهائي.

أما تنظيم أشكال معينة فيضفى على بروتين معين الخصائص النوعية له.

والعنصر الأساسي، ذات العلاقة المباشرة في كيمياء الخلية، هو موقع التعرف المحتوى في مجال بروتيني. إن التعرف الجزيئي بدأ، لأول وهلة، محصورًا للتداخل بين الأنزيم والركيزة substrat، أو بين مولد الضد والأجسام الضدية. لكن حاليًا يُعزى له الدور الأول في سلسلة من الظواهر: كوثرة polymérisation البروتينات لتشكيل بنى معينة، مثل بروتين العضلات، هيكل الخلية، الريبوزومات ribosomes، كبسولة الحمات؛ تداخل البروتين مع الدنا في تنظيم فعاليات الجينات، التداخل بين المستقبل والربطة ligand في مجموعة من الظواهر، مثل تنبيغ transduction الإشارات أو تفاعل الخلايا فيما بينها، والالتصاق الخلوي، إلخ... وعدد من مواقع التعرف الجزئي هذه، تبقى دون تغيير خلال كل مراحل التطور. وبالتالي يمكن مصادفتها بشكل واحد لدى عضويات متنوعة جدا.

ونلاحظ هكذا التغيرات الحاصلة في الطريقة التي ينظر إليها لتطور الكيمياء الحيوية. سابقًا كان يعتقد أن كل مورثة، أي كل بروتين هو شيء وحيد من نوعه، وناجم عن متواليات لا مثيل لها من الحموض الأمينية أو النوويدات nucléotides. وكل منها لا يمكن أن يتشكل إلا عبر آلية خلق جديدة، وهذا بكل وضوح غير متوقع مطلقًا. لكن وجود عائلات بروتينية عديدة ذات بنى متطابقة، وتشكل البروتينات الفسيفسائي المؤلفة من أشكال يمكن مصادفتها في العديد من



البروتينات. إن هذا الواقع المدهش، يظهر أنه خلال التطور حافظت البروتينات على أشكالها النوعية ومواقعها الفعالة رغم التنوع الشكلي الكبير، مما يبرهن على أن التطور قد جرى بطريقة مختلفة تمامًا عن المعتقدات السابقة. وفي الواقع يبدو أن التطور الكيميائي الحيوي يعمل حسب مبدئين، يتعلق الأول بخلق جزيئات جديدة والثاني بآلية اصطفاؤها.

الجانب الخلاق من التطور الكيميائي الحيوي لا يتم انطلاقًا من لا شيء. إذ يقوم على صنع الجديد اعتمادًا على القديم. وهذا ما دعوته "التصنيع" الجزيئي *bricolage moléculaire*. لا بد أن المورثات الأولى قد تشكلت انطلاقًا من متواليات قصيرة من النوكليوتيدات *nucléotides*، لا يتجاوز عددها الثلاثين أو الأربعين. وأخذت هذه القطع تكبر، إما بالالتحام بين نهاياتها، أو بالتضاعف مرة أو عدة مرات. ونحن نجد في الكثير من المورثات آثار تضاعف واحد أو عدة تضاعفات متكررة، يتلوها تنوعات مختلفة الأهمية. ويبدو أن أحد أهم طرق التصنيع الجزيئي هو تضاعف *duplication* أجزاء من الدنا أو جينات بأكملها. وبواسطة التضاعفات المتتالية، تشكلت عائلات عديدة من الجينات مثل التي للخضاب، وعوامل التنظيم العديدة، أو جينات عائلة الغلوبولينات المناعية *immunoglobulines*، التي تلعب أدوارًا متقاربة مثل التعرف على مولدات الضد، الالتصاق الخلوي أو توجيه المحوار (الإكسون).

أما الطريقة الثانية لإنتاج الجينات: فهو إعادة ترتيب *réassortiment* أجزاء موجودة مسبقًا لتشكيل جينات فسيفسائية. وهنا يتدخل وجه الاصطفاء. لقد كانت مفاجأة كبيرة بالنسبة للباحثين، عندما اكتشف في البروتينات، بقاء أشكال التعرف النوعية وحتى عدم المساس بها خلال التطور. ويمكن تفسير هذا الثبات، رغم التنوع الشديد في الأنواع، بالضغط الشديدة المطبقة على مواقع التعرف هذه، التي تعتبر أساس كل التفاعلات الجزيئية، وبالتالي كل النشاطات الكيميائية للخلية. ومن الضروري الحفاظ على نوعية التفاعلات الجزيئية. ولهذا السبب نلاحظ عطالة عبر التطور بالنسبة للبنى صاحبة العلاقة. وتطبق هذه العطالة على قطعة من الجينة

وهي القطعة المرمزة أو exon، التي تحدد موقع التعرف هذا. وهي لا تشمل القطع غير المرمزة في الجينة أو الـ introns. وليس بالجوار لطبيعة القطع التي تجاور الأكسون صاحب العلاقة. وبالتالي فإن الـ introns وقطع الدنا المجاورة يمكن أن تتغير بكل حرية. ومن هنا نمط التركيب الجزيئي الثاني: الذي هو إعادة ترتيب قطع الدنا، والإكسونات لتشكيل جزيئات فسيفسائية.

ومرة أخرى، فإن توفيق Combinatoire عناصر محدودة العدد، ينتج أعدادًا لا حصر لها من البنى لتشكيل المكونات الخلوية الأساسية. ولا يركز التطور الكيميائي الحيوي إلا ثانويًا على الطفرات، كما كان يعتقد سابقًا. ويعتمد هذا التطور بشكل أساسي على تضاعف قطع الدنا وإعادة ترتيبها. ونجد خلال هذا التطور نقاطًا ثابتة حقيقية، أي جزر مشكلة من مواقع التعرف النوعي. وحول قطع الدنا التي ترمزها، يتم تبادل أجزاء أخرى من الدنا، بشكل حر قليلًا أو كثيرًا، وكأنها ترقص حولها. وضمن هذه الشروط، فإن البنى الأساسية أي مواقع التعرف موجودة في كل العضويات ضمن سياق قد يكون مختلفًا من حالة إلى أخرى. ومجمل العالم الحي يشبه في هذه الحالة إحدى لعب الأطفال، حيث يتم فك وتركيب قطع متفرقة منها لصنع أشكال متعددة. فالقطع ذاتها يمكن فكها وإعادة تركيبها من جديد بطريقة مختلفة بحيث تنشأ أشكال مختلفة. ولكن في الأساس، فإن العناصر ذاتها هي التي يتم استعمالها.

وتسمح البنية الفسيفسائية للجينات والبروتينات، بإمكانية تداخلات متعددة. ويزيد تشكيل معقدات بروتينية، أحيانًا ضخمة جدًا، أيضًا من إمكانياتها. ومن أجل هذا، فإنه لتنفيذ بعض العمليات الأساسية في الخلية، مثل التفاعلات والتداخلات المختلفة، يتم تشغيل مجموعات نوعية. كما هي الحال مثلًا في عمليات الانقسام الخلوي، أو التداخلات بين الخلايا، أو بعض مراحل التشكل. إن جينات المجموعة المسؤولة عن تلك العمليات، ترتبط مع بعضها بآليات تعارف خلوي التي تشارك منتجاتها بشدة. ومجموع الجينات التي تدير الانقسام الخلوي هي ذاتها في الخميرة وعند الإنسان. فهي حافظت على وظيفتها، وجزءًا كبيرًا من بنائها عبر مراحل

التطور التي امتدت أكثر من خمسمائة مليون سنة. وأطلق أنطونيو غارسيا بليدو Antonio Garcia-Bellido على هذه المجموعات اسم syntagmes ، وهي تعمل مثل وحدات يتم استعمالها في بناء كل الخلايا.

ونلاحظ البناء ذاته القائم على وحدات مستقلة تديرها مجموعات من الجينات، في التطور الجنيني للعديد من الأنواع، وربما جميعها. فالعضويات، خاصة الحشرات، يبدو أنها تنمو على شكل قطع تتكرر، أي على شكل وحدات عديدة الخلايا. تكون هذه الوحدات في البدء متشابهة، لكنها تتمايز ثانويًا بطرق نوعية فيما بعد تحت تأثير مجموعات الجينات المنظمة، مثل الجينات المتجانسة. ودور هذه الجينات، هو تعديل القوانين التي تسيطر على نمو الوحدة الواحدة النموذجية. وتحدد منطقة بشكل واضح تمامًا، وتمنح كل قطعة هوية خاصة بها. ويتم تعريف كل منطقة، وكل قطعة، باتحاد عدد من الجينات المتشابهة التي تعمل على التوازي ضمن الخلية. وبالطريقة ذاتها، فإن للتمايز النهائي الذي سينتج أنواعًا مختلفة من الخلايا التي نراها في الجسم، سوف يستعمل مجموعات من الجينات المحفوظة التي تعمل مع بعضها. وكمثال عن ذلك، لإنتاج خلايا عضلية، أو خلايا عصبية، عند كل العضويات التي تمت دراستها من الشريطيات إلى الكائن البشري. وعالم الأحياء يضم الجراثيم والحيتان، الحمّات والأفيال، وعضويات تعيش في المناطق القطبية بدرجة حرارة ٢٠ تحت الصفر. لكن كل هذه العضويات تبدو وحدة في البنى والوظائف مثيرة للإعجاب. والذي يميز فراشة عن الأسد، أو دجاجة عن الذبابة، ليس الاختلاف في المركبات الكيميائية، بل تنظيم وتوزيع هذه المركبات. ومن بين هذه المجموعات المتجاورة، كالفقاريات مثلاً، نجد أن الكيمياء هي ذاتها. وما يجعل كائنًا فقاريًا مختلفًا عن غيره، هو بشكل أساسي الاختلاف في زمن التعبير والكميات النسبية لمنتجات الجينات خلال نمو الجنين، أكثر مما هو هذه الاختلافات الصغيرة التي نلاحظها في بنية هذه المنتجات.

وينشأ التعقيد في الطبيعة عن التركيب والتوليف combinatoire: توليف الجزيئات particules لتشكيل الذرات، وتوافق الذرات لتشكيل الجزيئات وتوليف

الخلايا لتشكيل العضويات. وتشكل هذه الآلية القاعدة لتشكل الجينات والبروتينات: توفيق قطع لكل منها وظيفة نوعية وتعيد ترتيب ذاتها إلى ما لا نهاية لتلعب أدوارًا مختلفة. ويكفى عدد صغير من قطع الدنا هذه لتشكيل أعداد كبيرة من الجينات.

وقد كانت مفاجأة حقا الاكتشاف إلى أي حد تم الحفاظ على الجزيئات خلال التطور. ليس فقط البروتينات الهيكلية مثل خضاب الكريات الحمر، الأكتين والميوزين في العضلات، أو كيراتين الشعر والأظافر. وليس فقط الأنزيمات مثل الببسين والتربسين التي تتداخل في عملية الهضم، أو السيروتوكروم التي تتداخل في التنفس. لكن أيضا البروتينات النازمة التي توجه مثلا نمو الجنين وتحدد شكل الحيوان. ونذكر مثالين فقط لبرهان بقاء الجزيئات المدهش هذا: فعند الذبابة مثلاً التي تتميز بماض وراثي طويل، تم إظهار جينات تؤمن في البيضة موضع محاور الجنين القادم، والجينات التي تحدد مصير وشكل كل قطعة من قطعه. وكانت المفاجأة اكتشاف الجينات ذاتها عند كل الحيوانات المفحوصة: الضفدع، دودة الأرض، الفأر والإنسان. من كان ليقول منذ ١٥ سنة أن الجينات التي ترتب وضع المستويات في الكائن البشري هي ذاتها التي تعمل في الذبابة أو الدودة؟ يجب الاعتراف الآن أن كل الحيوانات الموجودة حالياً على هذه الأرض تتحدر من عضوية واحدة عاشت منذ حوالي ٦٠٠ مليون سنة وكانت تملك في حينه مجموعات الجينات هذه.

وهناك مثال آخر ليس أقل إثارة للاستغراب: ويتعلق بالعيون. نجد عند الحيوانات أعداداً مختلفة من العيون مبنية حسب مبادئ مختلفة جداً. فهناك العين ذات الوجيحات لدى الحشرات والعين ذات الجسم البلوري لرأسيات الأرجل céphalopodes والفقاريات. ورغم الاختلاف الكبير بين هذين النموذجين، فهما يستعملان لبنائهما الجينات ذاتها، لكن مركبة بطريقة مختلفة بحيث تنتج أعضاء تؤدي الوظيفة ذاتها لكن بهيكلية مختلفة جداً. وخلال نصف القرن الماضي، انتقلنا من مفاجأة إلى أخرى. لدرجة أنه خلال الـ ١٥ سنة الأخيرة ظهرت رؤية جديدة تماماً بالنسبة لعالم الأحياء.



أحب أن أتطرق هنا إلى مسألة أخرى، مسألة خطيرة تأتي بشكل متلازم مع نظرية التطور. وهي السؤال عن منشأ الحى، ومنشأ الحياة. فمن جهة برهن باستور وبشكل نهائى أن التوالد العفوى لا وجود له. وبعده لم يعد أحد يعتقد أن الذباب يولد من الأقمشة المتسخة البالية. فالحى يأتى من الحى. وكل خلية تأتي من خلية. كما أنه من جهة أخرى، بعد داروين، أصبحنا نعرف أن الأجناس تتحدر من بعضها البعض. وكلها أتت من عضوية واحدة أو عدد صغير من العضويات البسيطة. ومن هنا يأتى السؤال: كيف تشكلت العضوية الأولى الحية؟

يعتقد الآن أن الأرض تشكلت منذ حوالى أربعة مليارات ونصف السنة. فكم عدد آلاف الحداثيات المستقلة عن بعض تمامًا، والتي كل منها كان يمكن أن لا يحدث، كان يجب أن تتم حتى يخلق الكون، ومجرتنا، والنظام الشمسى مع أرضنا بالشروط الضرورية للحياة وهي شروط غير متوفرة على الكواكب الأخرى من المجموعة الشمسية: الماء، المسافة المناسبة عن الشمس التى تسمح بالحرارة الملائمة. ويضطر علماء الأحياء أن ينهلوا من كل موارد خيالهم حتى يتمكنوا من الكلام عن منشأ الحياة.

ويبدو أن الحى ظهر سريعًا، غالبًا بعد حوالى أقل من مليار سنة بعد تشكل الأرض، على شكل ما يمكن تسميته "ما قبل الباكترىا". وعندما نقول حى، نعنى أيضا التكاثر. لكن جهاز التكاثر كما نلاحظه الآن لدى أبسط العضويات، بل حتى عند الجرثوم الأكثر تواضعًا، يبدو بشكل فائق التعقيد. لأنه حتى تضاعف الدنا بمفرده بحاجة إلى أعداد كبيرة من البروتينات. وتركيب كل واحدة منها يتطلب عددًا وتنوعًا أكثر للجزيئات الكبيرة. وهذا فقط من أجل تضاعف الدنا، فما بالكم بالوظائف والتفاعلات الكيميائية التى تتم داخل خلية جرثومية حديثة. وبالتالي يمكننا أن ننفى ظهور مثل هذا الجهاز بكل تعقيداته مرة واحدة. ومن هنا ضرورة تصور سيناريوهات مقبولة بشكل أو بآخر، تم بموجبها بناء تدريجى لهذا التعقيد.

وحسب السيناريو الحالى، فإن العالم الحى كما نعرفه والذى يحكمه الدنا، سبقه عالم كان الرنا فيه أهم بكثير، لأنه كان فاعلاً من أجل التكاثر ومن أجل

وساطة بعض التفاعلات. وغنى عن القول، إن إنشاء عالم الرنا هذا، والانتقال منه إلى عالم الدنا، يتطلب عددًا كبيرًا من المراحل تبرز في ندرة الاحتمال إحداها الأخرى. قد يكون ممكنًا تحديد بعض ملامح هذا السيناريو وتعميق بعض النظريات. لكن الكثير منها لا يسمح بإعادة إجرائه في المختبر، أو التأكد من صحته تجريبيًا. وبمعنى آخر، إذا ظهر أن الجراثيم، الفطور، النباتات، الحيوانات والبشر، أو باختصار نحن الأحياء، ننحدر كلنا من "طليلة جرثوم بدئي"، فما زلنا بعيدين عن معرفة تفاصيل الوجه الحقيقي لجذنا المشترك.

وعندما نتكلم عن منشأ الحياة، فيجب أن نقبل أنه خلال ثمانمائة أو تسعمائة مليون سنة، هناك آلاف الحداثيات، كل واحدة منها أقل احتمالًا بالحدوث من الأخرى، قد تتالت لتسمح بالانتقال من أرض دون حياة عليها إلى حياة في عالم الرنا، ومنه إلى عالم الدنا. ومن الواضح، أن مثل هذه الرواية تبدو لغير المتخصص صعبة القبول، مثل قصة الخلق التي رواها Hésiode في كتابه Théogonie، أو الأوبانيشاد الهندوسية أو التوراة. وغالبًا تبدو الروايات الأسطورية أقرب للفهم العام من خطاب الكيميائيين الحيويين وعلماء البيولوجيا الجزيئية.

وهؤلاء الأخيرين وقد وضعوا بمواجهة مسألة لا يبدو حلها ممكنًا قبل زمن طويل، لذا فهم يلجأون إلى ثلاث نظريات ممكنة: فبعضهم، ومن بين أهمهم، يعتبر أن ظهور الحياة على الأرض غير محتمل الحدوث لدرجة أنهم يفضلون التفكير نصف جادين، نصف هازئين، أن يدّعوا بوجود نظرية النطف الشاملة. أى أن جراثيم حية وصلت إلى الأرض على متن سفينة فضائية أرسلتها حضارة أكثر تطورًا من حضارتنا من كوكب بعيد. لكن هذا لا يقدم حلاً للمسألة بل يؤخرها فقط قليلًا. وهذا الرأي هو الأندر بين نظرائه.

ويعتقد آخرون أن ظهور الحى على الأرض كان شيئًا نادر الاحتمال لدرجة أنه حصل مرة واحدة فقط. وأنه نتيجة متتالية من الحداثيات، كان يمكن لكل واحدة منها أن لا تحدث، مما كان سيؤدي إلى عدم وجود عالم حى على الأرض. وهؤلاء

العلماء أنفسهم يميلون للاعتقاد أنه لا يوجد سكان آخرين، وخاصة أنه لا يوجد سكان آخرين عاقلين في الكون.

وأخيرًا هناك الفئة الثالثة من العلماء التي تظهر موقفًا مغايرًا تمامًا. وتعتبر هذه الفئة أن كل المراحل ذات العلاقة في ظهور عالم الرنا، ومن ثم الانتقال إلى عالم الدنا، ما هي إلا تفاعلات كيميائية عادية. وسوف تحصل من كل بد في حال توفر لها الفرص الكافية أو الزمن. وبالنسبة لهؤلاء العلماء فإنه لم يكن من الممكن إلا أن يتشكل الحى على الأرض. ومن جهة أخرى، آخذين بعين الاعتبار حجج علماء الفيزياء الكونية، الذين بالنسبة لهم يحوى الكون عددًا كبيرًا من الكواكب التي لا بد أن خواصها مشابهة لخواص الأرض، فإنهم يعتبرون أنه لا بد من وجود عدد كبير من بؤر الحياة في الكون، بل ربما أيضا من الحياة العاقلة.

وفى الوضع الراهن للمعارف يبقى الخيار بين الاحتمالين الأخيرين مجرد قضية ذوق. فالبعض يفضل تثير الاستثناء الذى تمثله حياة مقتصرة على الأرض، وبالتالي فردانية الوعى الإنسانى فى التفكير بالكون ومن يسكنه. وعلى العكس من ذلك يفضل الآخرون الاعتقاد بابتدال الحى، ويعتقدون أن خواصه على كواكب أخرى لا تختلف كثيرًا عن التى نلاحظها على الأرض. وهم مقتنعون من جهة أخرى أن الحياة عندما تبدأ مسيرتها، فهى لا بد أنها ستقود إلى الوعى. لذا يبذلون جهدهم للعثور على طرق للاتصال بحضارات أخرى، وبرأيهم، لا بد أنها تشغل مناطق أخرى من هذا الكون.

لكن مع ذلك، وحتى الآن، لم يتمكن أحد من التقاط إشارة قادمة من المجرة أو من مجرات أخرى. ويجهد العلماء، مستعينين بسلسلة من المراصد الفلكية الموزعة عبر العالم، فى العثور على مثل هذه الإشارة، مستعملين أطوال موجات مختلفة ومتنوعة. لكن بقى ذلك حتى الآن عبثًا. علينا هنا طبعًا أن نذكر قضية المسافات الشاسعة. لكن مؤخرًا تم لفت الانتباه لنيزك "قد" يكون آتيا من المريخ والذى "قد" يكون حاويًا لبنية تذكر بأقدم البنى الحية التى عثر عليها على الأرض.

لكن الحجج المقدمة ليست مقنعة مطلقاً. ويبدو أن هذه القضية تخدم أغراض الدعاية لـ NASA تحضيراً لرحلاتها القادمة إلى كوكب المريخ.

نرى إذن، أن العلم قد قلص بشكل واضح، منذ قرن أو قرنين، طموحاته بالنسبة للأسئلة التي يطرحها وبالنسبة للأجوبة التي يبحث عنها. وفي الواقع فإن بداية العلم الحديث تتحدد باللحظة التي انتقل فيها من التساؤلات العامة إلى الأسئلة المحددة. أى عوضاً من أن نسأل: "كيف تم خلق الكون؟ ما مكونات المادة؟ ما الحياة؟" بدأنا نسأل أنفسنا: "كيف يسقط الحجر؟ كيف تسيل المياه في أنبوب؟ أين يجرى الدم في الجسم؟" وأدى هذا التغيير إلى نتائج مذهلة. فبينما كانت الأسئلة العامة لا تجد إلا أجوبة محددة، فإن الأسئلة المحددة قادت إلى أجوبة أكثر عمومية وشمولاً. و ينطبق ذلك أيضاً على العلم في يومنا هذا. ومن أجل ذلك فإننا لم نعد نطرح أسئلتنا على الحياة في المخابر. ولم نعد نسعى لرسم حدودها. بل نجهد فقط في تحليل النظم الحية، بناها، وظائفها وتاريخها.

وبالتالى يجب أن لا نسأل العالم أن يعرف الحياة. فكل فرد منا يعلم ما هى الحياة. وكلّ منا يعلم كم هى هشة وعطوبة. وكل منا يعرف لا نهائية إمكاناتها وتنوعها الرائع. وكل منا يعلم أنه لا يوجد على الأرض شيء أثمن من الحياة. بل أنها الثروة الوحيدة في هذا العالم. وأن إعطاء الحياة أو بالأحرى نقل الحياة إلى طفل هو الفعل الأكثر عمقاً الذى يمكن للكائن البشرى أن يقوم به. وكان مالرو Malraux يقول "لا تساوى الحياة شيئاً، لكن لا شيء يساوى الحياة".



## الحياة: المنشأ والتوزيع الممكن في الكون<sup>(٢)</sup>

بقلم: أندريه براك

André Brack

ترجمة: د. سامر اللاذقاني

تم الانتقال غالبًا من الجمار إلى الحياة، في الماء. وذلك منذ حوالي أربعة مليارات سنة، عندما ظهرت الجزيئات الأولى القادرة على التكاثر والتطور. ويشرح إمبيدوكل Empédocle ظهور الإنسان على الطريقة التالية: في الماضي كانت تتنزه على سطح الأرض رؤوس دون سيقان، وسيقان دون رؤوس، أذرع وجذوع. وفي أحد الأيام، وعن طريق الصدفة التقت كل العناصر اللازمة لتركيب الفرد الكامل. وهكذا تنظم الإنسان الأول ذاتيًا.

وإذا نقلنا صورة إمبيدوكل على المستوى الجزيئي، فإن ظهور الحياة على الأرض يمكن مقارنته بالإنشاء العفوي لبناء جزيئي انطلاقًا من جزيئات مبعثرة. وعن طريق الصدفة، استطاع عدد من هذه الجزيئات أن ينظم نفسه ذاتيًا، وأن يشكل بنية كيميائية قادرة على تجميع عدد آخر من الجزيئات من أجل توليد بنية أخرى مماثلة للأصل، ناقلًا هكذا مخطط التركيب هذا. وكنتيجة لبعض الأخطاء الصغيرة في التركيب، ظهرت بنية أكثر قدرة على التكاثر وأصبحت النوع المسيطر. أية بنية كيميائية؟ وأي مخطط تركيب؟ وما الجزيئات التي استعملت؟ كم كان عدد هذه الجزيئات؟ وللإجابة على هذه الأسئلة، وجّه العلماء جهودهم في اتجاهات ثلاثة: إعادة خلق الفعل الكيميائي الأصلي في أنبوب الاختبار، العثور

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٢ التي أقيمت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢ يناير ٢٠٠٠.

على أشكال مستحاثة bossilisées من هذا الفعل الكيميائي الأصلي، والبحث عن أشكال قريبة للحياة على كواكب أخرى.

### إعادة خلق الحياة البدئية فى أنبوب الاختبار

كانت على الغالب الجزيئات الأولى القادرة على التكاثر الذاتى وطلائعها، جزيئات عضوية مبنية على هيكل من ذرات الكربون. وتبدى ذرات الكربون صفتين مميزتين، هما توقيعان ممتازان بالنسبة للأحياء. إذ تملك ذرة الكربون نظيرين مستقرين هما  $C^{12}$  و  $C^{13}$ . وتختار التحولات الأنزيمية لثنائى أكسيد الكربون والكربونات إلى كربون عضوى بواسطة النباتات والأحياء الدقيقة دائماً النظير ١٢ من الكربون. ومن جهة أخرى تشغل ذرة الكربون غالباً مركز هرم رباعى الوجوه. وعندما تكون مجموعات الذرات فى رؤوس الهرم الأربعة مختلفة، لا تكون صورته فى مرآة متطابقة معه. وبالتالي يصبح الكربون غير متناظر وينشأ لدينا فى هذه الحالة شكلان مرآويان غير متطابقين، كل شكل هو صورة للآخر فى مرآة. يطلق عليهما اسم الأشكال المتقابلة énantiomères. والجزيئات الحيوية لا تستعمل إلا أحد الشكلين المرآويين. ونقول عندها أنها وحيدة الجهة.

تغيب الحياة الأرضية مبدأ التكافؤ: فالحياة وصورتها فى المرآة لا تتواجدان باحتمالات متساوية، ويبدو أن الحياة الرزيمية racémique (من العنب = de racemus)، التى قد تستعمل أحد النظيرين الأيمن والأيسر للجزيئات أو الاثنين معاً، قليلة الاحتمال جداً.

قد تكون الجزيئات الكربونية قد صُنعت فى الجو انطلاقاً من الميثان méthane. ودُعمت هذه النظرية بالتجارب المقلدة لـ Miller. ويميل الجيوكيميائيون الآن إلى تفضيل نظرية تقول بوجود جو بدئى غنى بثنائى أكسيد الكربون. وفى مثل هذا الجو، فإن إنتاج اللبنات الضرورية للحى لن يكون مجدياً

كثيراً. وبالنسبة لغونتر فيشترهاوزر Günter Wächtershäuser، فإن الجزيئات العضوية الأساسية قد تشكلت بآلية إرجاع ثاني أكسيد الكربون انطلاقاً من كبريت الهيدروجين والحديد. يتفاعل هذان الكبريتان في المختبر مع ثاني أكسيد الكربون منتجين الهيدروجين ومركبات كربونية كبريتية متنوعة. وفي بعض الشروط، يتشكل أيضاً استرات كبريتية، التي حسب كريستيان دي دوف Christian de Duve، قد تكون شكلت المصدر الأساسي للطاقة في العالم الحي البدائي.

ومع ذلك فإن الحرارة المرتفعة، حوالي ٣٥٠ درجة، تشكل عائقاً كبيراً، فالجزيئات العضوية ليست ثابتة في مثل هذه الحرارة. ويمكننا أن نتصور وجود مظاهر للسقى الحراري بشكل مستمر في المياه المحيطة بدرجة حرارة قريبة من الصفر المئوي. ويتم التأكد من هذه النظرية حالياً في المخبر.

وتتشط الكيمياء العضوية بشكل خاص في الفضاء بين الكواكب. ولقد استطاع الفلكيون، باعتماد الأمواج الراديوية، التعرف على ٨٣ جزيئاً عضوياً مختلفاً. واستطاعت المذنبات والنيازك إيصال كميات كبيرة جداً من الجزيئات العضوية من خارج الأرض. وتم التعرف على ثمانية من أصل العشرين حمضاً أمينياً المشكلة للبروتينات ضمن نيزك مورشيسون Murchison. ومؤخراً، عثر جون كرونان John Cronin على زيادة من حوالي ٩% من الصيغ المقابلة اليسرى بالنسبة لبعض الحموض الأمينية غير البروتينية الموجودة ضمن هذا النيزك. والاكتشاف الحديث لإشعاع مستقطب بشدة، في المجال تحت الأحمر، في منطقة تشكل النجمة أوريون OMC<sup>-1</sup>، يوحي أن المجموعة الشمسية خلال مرحلة التضخم الجرمي، قد تكون قد تعرضت لاستقطاب دائري شديد، ويعود سبب هذا الاستقطاب إلى انكسار غيمة الغبار. وكان يمكن لاستقطاب في أطوال موجات أكثر قصرًا أن يدمر الحموض الأمينية اليمنى ويترك فقط الحموض الأمينية اليسرى لتصل إلى سطح الأرض بواسطة النيازك والمذنبات والحبيبات بين الكواكب.

وتم مؤخرًا استخراج مجموعة مثيرة للاهتمام من النيازك المجهرية، من الجليد الأزرق من القطب الجنوبي، وتم تحليلها من قبل ميشيل موريت Michel Maurette. فوجد أنه في المجال من ٥٠ إلى ١٠٠ ميكرومتر، تحوى حوالى ٨٠% من الحبيبات، القادمة من المذنبات غالبًا، على مادة عضوية (٢% من الكربون) لم يتم ذوبانها أثناء عبورها الغلاف الجوى. وتم أيضا العثور على حموض أمينية. وتقدر كمية الكربون التى أحضرتها هذه الحبيبات إلى سطح الأرض بحوالى ٣٠,٠٠٠ مليار طن خلال مرحلة القصف العنيف قبل حوالى أربعة مليارات سنة. وللمقارنة فإن هذه الكمية تمثل تقريبًا ثلاثين ضعفًا من كمية الكربون المعاد تدويره فى الكتلة الحية حاليًا. وللتحقق من نظرية استيراد الحموض الأمينية من خارج الأرض، قمنا بإشراك المركز الوطنى للدراسات العلمية CNES ووكالة الفضاء الأوروبية ESA، بتجارب فى الفضاء فى مدار منخفض، على متن قمرين صناعيين روسيين آليين هما FOTON (لمدة عشرة أيام) والمحطة MIR (لمدة ثلاثة أشهر). وتناولت الدراسات ثبات الحموض الأمينية فى الفضاء (نكوص *dégradation chimique* وترزّم *racémisation*) وتكوثر مشتقات الحموض الأمينية والبيبتيدات. وأظهرت النتائج ثباتًا جيدًا للحموض الأمينية عندما تكون محمية من الأشعة فوق البنفسجية بواسطة سطوح معدنية.

إن وحدة الحى المعاصر، وبشكل خاص عمومية مخطط التركيب، توحي بأن البنية الكيميائية الأصلية كانت تشبه منذ ذلك الحين الخلية. وجهد الكيميائيون فى المختبر انطلاقًا من الجزيئات العضوية الصغيرة لإعادة تركيب العائلات الثلاث من القطع الضرورية لعمل الخلية. واستطاعوا إعادة تركيب عائلتين من أصل العائلات الثلاث، وبرهنوا أن الماء يلعب دورًا مضاعفًا كمادة حالة وككاشف كيميائى. لكنهم فشلوا فى إعادة تركيب مخطط تجميع الرنا والدنا. ويعتقد الكيميائيون أن البنية الكيميائية الأصلية كان يجب أن تكون أكثر بساطة من الخلية، ومن عالم من الرنا، حيث تكون الرنا، على صورة الأنزيمات الريبية (ريبوزيم *ribozymes*)، قادرة ليس فقط على نقل المعلومة بل أيضًا على ممارسة نشاط

وساطى كما تفعل الأنزيمات. وفى الواقع فإن عملية التركيب العفوى للربنا ضمن شروط الأرض البدائية تظهر فائقة الصعوبة، وبالتالى قليلة الاحتمال. وكان على البنية الكيميائية البدئية أن تكون أيضا بسيطة ومتينة بشكل كاف لتتمكن من تحمل صدمات النيازك والشهب، ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، التى كانت فى حينه تخرق الغلاف الجوى دون أن ترشحها طبقة الأوزون. إن إعادة تركيب الحياة البدائية فى أنبوب الاختبار صعبة، لأنها تصطدم بسهم الزمن ومدته. وبسبب سهم الزمن هذا وبسبب التطور، فإن الحياة البدائية كانت حتماً مختلفة جداعن الحياة التى نعرفها الآن. وبسبب عامل المدة، فإن الكيمياء فى المختبر لن تستطيع أبداً إعادة الحداثيات تماماً وبشكل مطابق لشروط الكيمياء قبل الحيوية. تستطيع التجارب إذن أن تدعم النظريات، ولكن لا يمكن لها أن تمنحها حقيقة تاريخية لا جدل فيها.

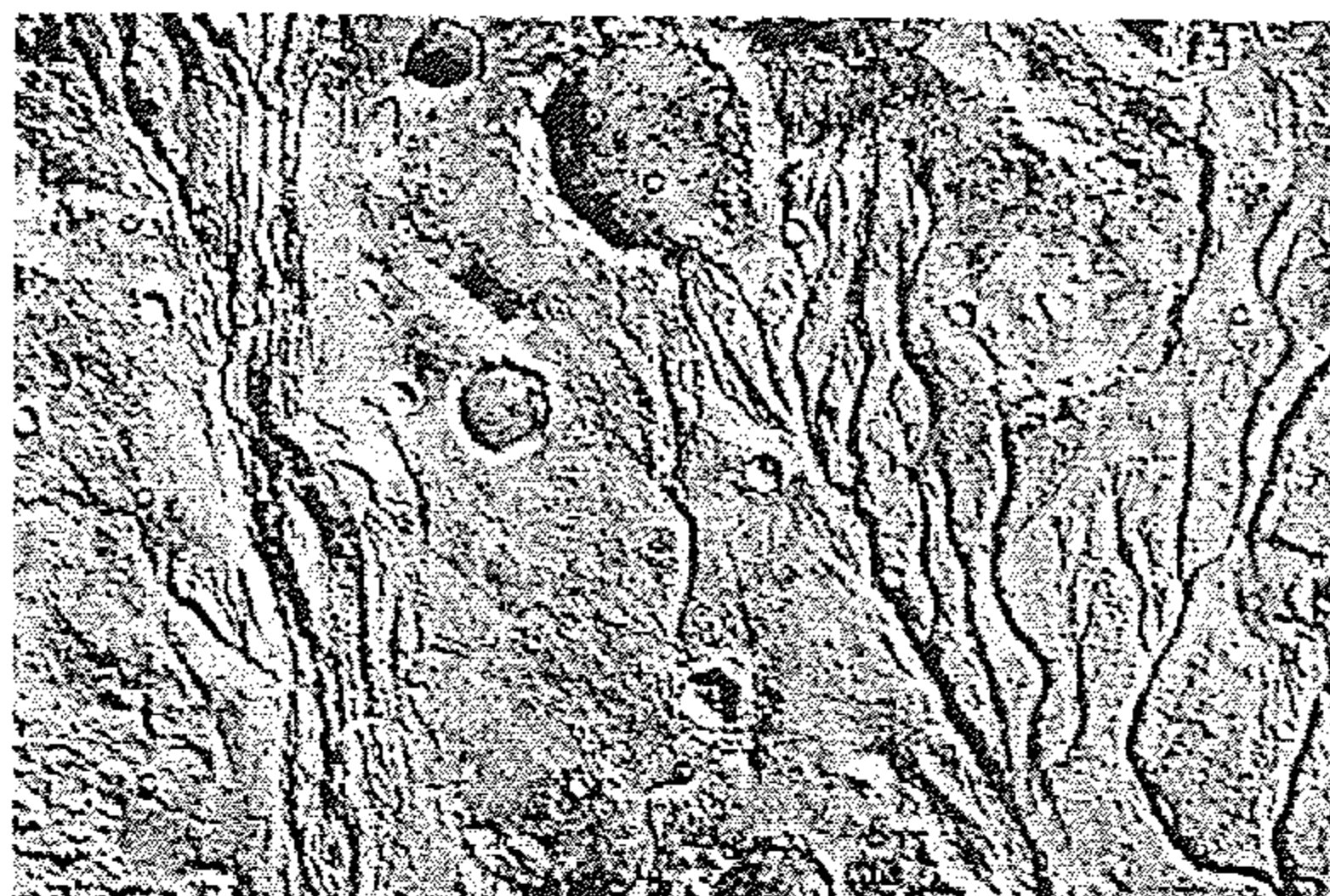
### البحث عن الأشكال المستحاثية

#### للحياة الأرضية البدائية

لقد قضى التاريخ الجيولوجى المضطرب للأرض على تواقع النظم الحية الأولى عليها، وخاصة نظراً لتكتونية صفيحات القشرة الأرضية، التى تدفع بالصفيحة المحيطية الغنية بالترسبات تحت الصفيحة القارية. بالإضافة إلى جريان الماء المستمر والأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، والتى لا يرشحها طبقة الأوزون (كان الأكسجين غائباً فى الجو البدائي) والأكسجين الذى أنتجته لاحقاً وبكميات كبيرة النظم الحية، والحياة ذاتها عندما غزت كامل الكوكب. تم اكتشاف أقدم المستحاثات المجهرية فى إستراليا، من قبل العالم الأميركى وليام شوبف William Schopf وذلك ضمن حجريات النسيج المستحاثية. ويبلغ عمرها ٣,٤٦٥ مليار سنة. وفى ذلك الزمن كانت تتظاهر الحياة الجرثومية بأشكال العصيات الزرق الخيطية cyanobactéries filamenteuses، التى كانت غالباً قادرة على تركيب موادها العضوية عن طريق الضوء، أى قادرة على صناعة مكوناتها



الأساسية انطلاقاً من ثانى أكسيد الكربون الجوى. وكانت هذه الحياة البدائية متنوعة منذ حينه، إذ تم التعرف على أحد عشر صنفاً مختلفاً. والصخور الرسوبية الأقدم تم العثور عليها فى الجنوب الغربى من غرونلاند. وترسبات إيسوا Isua ترجع إلى ٣,٨ مليار سنة (الشكل ١) وترسبات أكيليا Akilia إلى ٣,٨٥ مليار سنة. وتشهد على الوجود الدائم للماء السائل، وثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى، وتحتوى على الكيروجينات وهى جزيئات عضوية معقدة. وعملية الإثراء بالكربون ١٢ للكربون العضوى الموجود فى هذه الترسبات مذهشة فعلاً، فهى توحى، لكن لا تثبت، وجود نشاط للتركيب الضوئى، أى لحياة بدائية قبل ٣,٨ مليار سنة. وهذه الأدلة الجيولوجية الضعيفة تسمح بالتفكير فى أن الحياة، فى الأصل، كانت قائمة على استعمال الماء والجزيئات العضوية، ولكنها لا تسمح بفهم بداية الحياة الأرضية.



الشكل (١)

رواسب إيسوا Isua تعود إلى ٣,٨ مليون سنة وتشهد وجوداً دائماً للماء السائل، وثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى، وترمم قار الصخور الصنائحية، الجزيئات العضوية المعقدة.

## البحث خارج الأرض عن حياة قريبة من الحياة الأرضية

إذا كانت بضع جزيئات كافية لإطلاق الحياة، فلا بد أن بداية مسيرتها كانت سريعة، وأن الفرص حقيقية لظهورها على أى جسم فى الكون يملك بيئة مشابهة لبيئة الأرض البدائية.

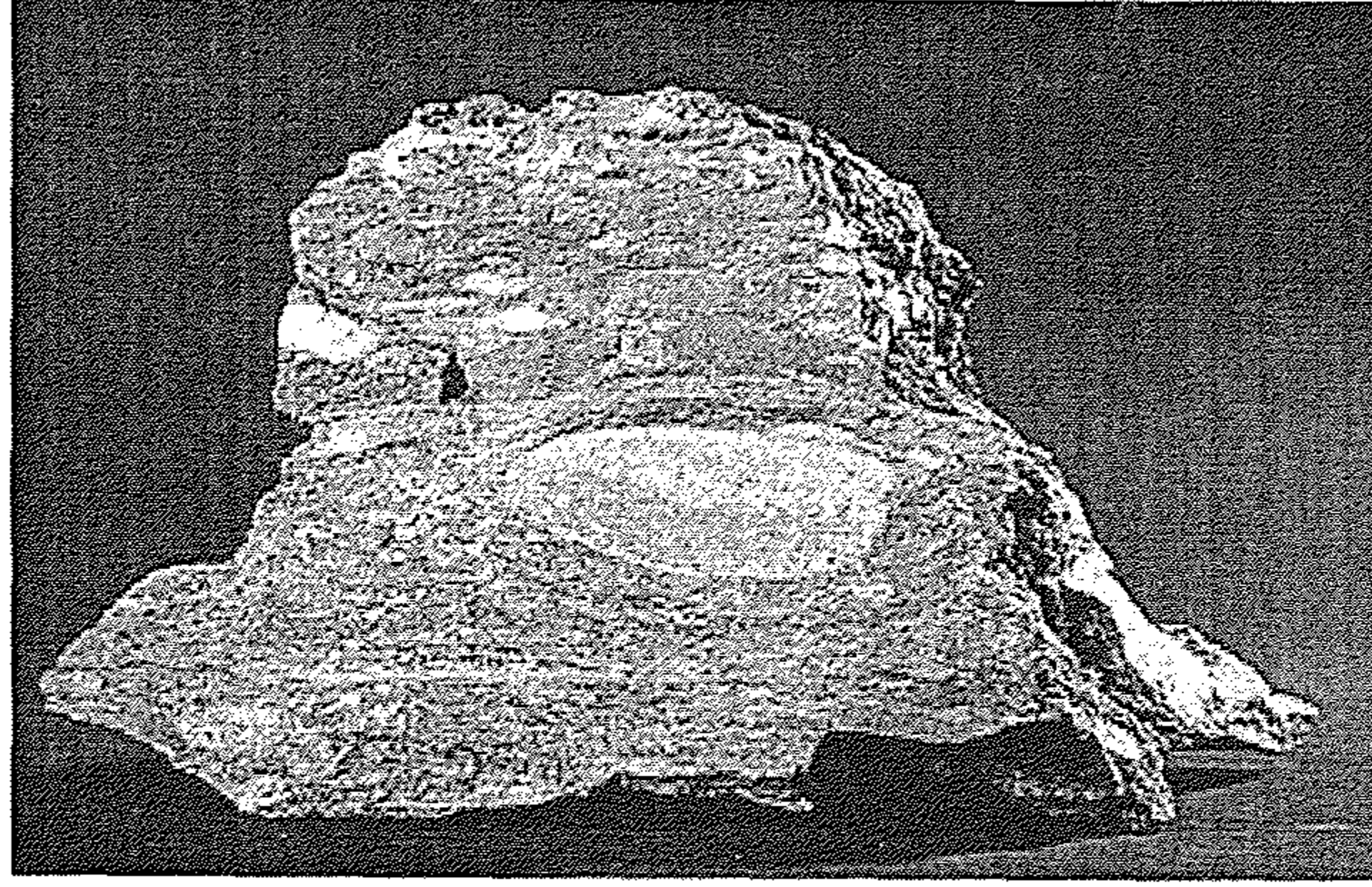
البحث عن حياة خارج الأرض يعنى قبل كل شىء البحث عن وجود مستمر للماء السائل. فإذا كانت المياه موجودة على السطح دل ذلك على وجود غلاف جوى يسمح باستقدام لطيف للجزيئات العضوية بواسطة النيازك المجهرية. وتستطيع الجزيئات العضوية أن تتشكل أيضا فى الينابيع الحارة تحت البحار. وبالتالي فكل محيط خارج الأرض يبدى علامات نشاط مائى حرارى، يشكل موقعاً محتملاً للحياة.

### ماذا عن المريخ؟

تظهر عمليات الرصد من قبل البعثات المتتالية إلى المريخ مارينر ٩، فايكنغ ١ و ٢، مارس باث فايندر، ومارس غلوبال سورفاير، تظهر بوضوح أن كوكب المريخ حوى فى شبابه ماءً سائلاً على سطحه وبشكل مستمر (الشكل ٢). والوجود الدائم للماء يفترض حرارة أعلى من الصفر المئوى بشكل ثابت. وغالباً تم الوصول إلى هذه الحرارة بفضل وجود غلاف جوى كثيف من ثانى أكسيد الكربون مما يولد فعل دفيئة قوية. وبفضل هذا الغلاف الجوى، استطاع كوكب المريخ مراكمة النيازك المجهرية على سطحه كما هى الحال على الأرض. لكن عام ١٩٧٦ لم يتمكن المسباران فايكنغ من اكتشاف جزيئات عضوية أو حياة على سطح المريخ وذلك على عمق بضع سنتمترات. وفى الواقع يبدو أن تربة المريخ تضم مؤكسدات قوية يتم إنتاجها بالانحلال الضوئى فى الجو أو/و آليات كيميائية

ضوئية على مستوى التربة. ووجود المؤكسدات ينفي كل تراكم لجزيئات عضوية على سطح الكوكب. وتوحى حسابات مقلدة أن انتشار المؤكسدات في عمق التربة لن يتجاوز عمق الثلاث أمتار. ومن الممكن أن يكون فقدان المادة العضوية على سطح المريخ عائداً أيضاً لآليات تدرك مباشرة بسبب الأشعة فوق البنفسجية الشمسية، لأن جو المريخ يفتقر لطبقة الأوزون الواقية. لكن من المفترض أن هذا التفكك الناجم عن التحلل الضوئي المباشر لا يؤثر إلا على أول عشر ميكرونات من سطح حبيبات التربة والصخور. لكن بالمقابل فإن النيازك ALH 84001, SNC 79001, EETA والتي منشأها من المريخ على الغالب، تضم جزيئات عضوية (براك وبيلنغر Brack & Pillinger ١٩٩٨). وحتى لو كانت الأدلة المكتشفة في ALH 84001 غير قاطعة بالنسبة للجزء حول وجود حياة جرثومية سابقة على المريخ، فإن النيزكين المريخيين شاهدان على وجود جزيئات عضوية في تربة المريخ. والمكونات التي سمحت بظهور الحياة على الأرض، كانت على الغالب مجتمعة على المريخ. ومن هنا سيكون من المغري جدا التفكير بأن حياة بسيطة من النموذج الأرضي قد ظهرت وتطورت على الكوكب الأحمر. ولا بد أن تكون المحيطات قد ولدت كميات كبيرة من الترسيبات، التي تشكل المواقع المفضلة للتقيب عن آثار الجزيئات العضوية والجراثيم المستحاثية، شرط أن تكون بمنأى عن الأشعة فوق البنفسجية والمؤكسدات. ويتوقع البرنامج الفضائي لوكالة NASA المتعلق بالمريخ، إرسال صاروخين في كل مرور قريب لكوكب المريخ أى كل ٢٦ شهراً اعتباراً من ١٩٩٦. وفي عام ١٩٩٧ استطاع الرجل الآلى سوجورنر تحليل ست عينات من تربة المريخ وخمسة صخور من محيط منطقة الهبوط فى Ares Vallis وبدأت عينات التربة المحللة مشابهة وقريبة جداً من التي تم تحليلها من قبل المسبارين فايكنغ. وتم تحليل الصخور على عمق بضع ميكرونات فقط، وكانت مغطاة جزئياً بالغبار من التربة. ويذكر تركيب الصخور بتلك المشاهدة على

الأرض فى المواقع التى تعرضت لعدة انصهارات، وتقارب بذلك ما نشاهده فى القشرة الأرضية. لكن مع ذلك فالنتائج المستقاة غير كافية للجزم بين المنشأ البركانى أو الرسوبى. وتركز وكالة الفضاء الأمريكية NASA كل برنامجها الآن على ما ستحصل عليه عند عودة العينات عام ٢٠٠٥. وسيشارك مركز الدراسات العلمية الوطنى CNES فى هذه المهمة، ويرغب بوضع مخبر على سطح المريخ يسمح بواسطة الحفر باستخراج عينات محمية من الأشعة فوق البنفسجية ومن المؤكسدات (أى من صخور كبيرة أو البنى القريبة تحت الأرض)، وبحيث يتم تحليل هذه العينات فى مكانها بالنسبة إلى محتواها من المواد العضوية والمعدنية والنظائرية (حيث تمتاز الحياة على كوكب الأرض عن المادة المعدنية الصرفة بغناها بالنظير ١٢ للكربون مقارنة مع النظير ١٣، حيث إن التثبيت الأنزيمى لثنائى أكسيد الكربون الجوى من قبل النباتات والعضويات المجهرية يفضل منهجياً النظير الخفيف من الكربون). ومن جهتها كلفت وكالة الفضاء الأوروبية مجموعة من علماء الحياة خارج الأرض، بمهمة تحديد المحطة النموذجية للبحث عن آثار الحياة فى المريخ. وأعطيت الأفضلية لاستخلاص وتحليل العينات فى مكانها بحثاً عن الجزيئات العضوية والبكتريا المستحاثية. وسيتم استخراج العينات من تحت التربة الرسوبية بواسطة حفارة مركبة على المحطة الثابتة. وأيضاً من الصخور المحيطة لكن هنا بواسطة عربة صغيرة آلية مجهزة بحفارة خفيفة، مما سيمنح بعض القدرة على الحركة للتجهيزات العامة. وهناك نسخة مبسطة من محطة التحليل المريخى هذه، أطلق عليها البريطانى كولن بيلنجر Colin Pillinger اسم بيغل ٢ Beagle ، تخليداً لذكرى سفينة شارلز داروين. سيتم شحن هذه المحطة منذ عام ٢٠٠٣ على متن المهمة الأوروبية Mars Express التى يتم تحضيرها الآن.



الشكل (٢)

أرصاد قامت بها البعثة المريخية مارنير ٩ Mariner وفايكنج ١، Viking ٢ ومارس بانفيندر Mars Pathfinder ومارس جلوبال سيوفيور Mars Global Surveyor وتشير بوضوح إلى أن المريخ قد آوى في شبابه ماء سائلاً على سطحه بشكل دائم.

### تحت جليد أوروبا؟

لقد قدمت المركبة الفضائية غاليليو صوراً جميلة جداً عن أوروبا، وهو أحد أقمار المشتري. ففي عامي ١٩٧٩ و ١٩٨٠ استطاع "قوياجر" تصوير أوروبا، وأظهر أن سطحه يغطيه الجليد المقطّع بشقوق عميقة. وتظهر أيضاً صور غاليليو كتلاً من الجرف الجليدي وقد دارت حول نفسها، غالباً نتيجة وجودها على أرضية سائلة. ولا يظهر السطح الكثير من الفوهات الاصطدامية، مما يدل على وجود آلية لإعادة تشكيل السطح بشكل مستمر، بواسطة ظواهر انزلاقية أو بركانية باردة. وحسب أحد النماذج المقترحة فهناك محيط من الماء السائل تحت بضعة عشرات الكيلومترات من الجرف. أما الحرارة اللازمة للمحافظة على الماء في الحالة السائلة، فتقدمها حركات المد والجزر الداخلية الشديدة، التي تتولد عبر التبدلات الشديدة لحقل جاذبية المشتري. ويشكل انتقال الحرارة من قلب الكوكب نحو



السطح، بطريقة مشابهة للحدثيات المائية الحرارية فى محيطات كوكبنا، منبعًا آخر محتملاً للطاقة الحرارية. وإذا كان الماء السائل موجودًا تحت طبقة الجليد، فمن الممكن أن يحتوى على جزيئات عضوية تنشأ من الحدثيات المائية الحرارية. وبالتالي فإنه من الممكن أن تكون كيمياء عضوية قبل حيوية من النموذج الأرضى قد نمت فيها وقادت إلى ظهور الحياة. وإذا كان القمر أوروبا قد حافظ على نشاط المد والجزر بالإضافة إلى نشاط مائى حرارى تحت الجليد، فقد تكون الحياة الجرثومية ما زالت تنشط فيه حتى الآن. وهذا القمر يبدو أكثر فأكثر، كمكان مختار فى المجموعة الشمسية، قادر على احتواء الماء السائل وحياة جرثومية نشطة. وتُدرس حاليًا مهمات فضائية باتجاه أوروبا.

### ما وراء المجموعة الشمسية؟

برهن الفلكيون الراديويون أن الكيمياء العضوية كونية. وفى الواقع فإنه تم التعرف حتى يومنا هذا على ٨٣ جزيئًا عضويًا فى السحب الكثيفة من الغاز والغبار فى الفضاء بين الكواكب.

لكن هل هناك أمكنة أخرى قادرة على احتواء الماء من خارج المجموعة الشمسية؟ فى أيلول ١٩٩٥ اكتشف السويسريان مايور وكيلوز (Mayor & Queloz) جسمًا فضائيًا حجمه يساوى نصف حجم المشترى حول النجم بيغاس ٥١ Pégase . ولقد نجح هذا الاكتشاف بعد متابعة منهجية لسرعات مئات من النجوم فى مرصد هوت بروفانس. ودقة الأدوات الحالية لا تسمح إلا برؤية كواكب قياساتها مساوية للمشتري. ومع ذلك فإن هذا الجسم قريب جدا من النجم وحرارته حوالى ١٥٠٠ درجة، وهى حرارة مرتفعة جدا بالنسبة للحياة. وبعد أربعة أشهر وصف الأمريكان مارسى وباتلر Marcy & Butler جسمين حجمهما ٢،٨ و ٦،٤ ضعف كتلة المشترى قرب النجمتين ٧٠ فرجين فى مجموعة العذراء، و ٤٧ أو ما فى مجموعة الدب الكبير. وهذان الجسمان أبعد عن النجم. أما الكوكب ٧٠ فير Vir ، فهو عملاق وغالبًا غازى وبالتالي غير مناسب للحياة. لكن يمكن، كما هى

حال المشترى وزحل، أن يكون لديه أقماراً بحجم الأرض حرارتها تسمح بوجود الماء السائل. وحتى يومنا هذا، فإن الدليل يضم ٢٨ كوكباً عملاقاً خارج المجموعة الشمسية.

### كيف يمكن اكتشاف حياة خارج الأرض؟

إن الإثراء بالنظير ١٢ للكربون، والجهة الواحدة للجزيئات الحيوية، هما من كل بد التوقيعان الأكثر أهمية للحياة الأرضية. وبفضل المهمات الفضائية، أصبحت كواكب المجموعة الشمسية بمتناول التحليل العضوي، المعدني والنظائري مباشرة في مكان أخذ العينة.

ويسمح التحليل المعدني للصخور، بالتعرف على البنى المعدنية المرئية الناجمة عن نشاط جراثومي (معادن حيوية مثل حجريات الجسم stromatolithes) وأيضاً مستحاثات جراثومية مجهرية. وأخيراً فإن البحث عن حالات غير عادية في بيئة كوكب ما، كأن يكون حاوياً نسبياً عالية من غاز الميثان في الجو مثلاً، كل هذا يسمح بالتأكيد على وجود حياة جراثومية نشطة.

أما بالنسبة للكواكب خارج المجموعة الشمسية، فإن البحث عن شكل من أشكال الحياة يصبح أكثر صعوبة. الغلاف الجوي للكرة الأرضية يحوى بشكل دائم على ٢١% من الأكسجين، بينما لا يحوى الغلاف الجوي للكواكب الأخرى بالمجموعة الشمسية، إلا على آثار منه.

يرتبط الوجود المستدام للأكسجين بالحياة التي تنمو على سطح الأرض. وبالتالي فإن الكوكب الذي يجب البحث عنه، يجب أن يحوى الماء والأكسجين، الذي يمكن التعرف عليه في شريطه الوصفي الذي يقيس ٧٦٠ نانومتر في الطيف المرئي للكوكب. ولأسباب عملية، فإنه يبدو أكثر حذاقة البحث عن توقيع الأوزون في منطقة الطيف تحت الحمراء بقياس ٩،٦ ميكرومتر. وللتمييز بين طيف الكوكب وطيف النجم، اقترحت مجموعة من الفلكيين الفيزيائيين الفرنسيين، يديرها

آلان ليجه Alain Léger ،بناء مقياس للتداخل الطيفي في الفضاء للأشعة تحت الحمراء مستعملاً خمسة تلسكوبات. ويتم دراسة هذه المنظومة (Darwin - IRSI) في وكالة الفضاء الأوروبية. بينما تدرس وكالة الفضاء الأميركية NASA منظومة مشابهة أطلق عليها اسم مهمة TPF. أخيراً فإن اكتشاف إشارة كهروطيسية "ذكية" SETI ، سيقدم البرهان الأكيد لوجود حياة خارج المجموعة الشمسية. وبرنامج التنصت يستحق أن يقدم له كل الدعم، وإن كان بالدرجة الأولى، يبقى احتمال تطور حياة جرثومية خارج مجموعتنا الشمسية وصولاً إلى نظم حية تستغل الطاقة الكهروطيسية، احتمالاً ضعيفاً جداً.

وهناك الكثير من العلماء الذين يشعرون أن الحياة الجرثومية ليست محصورة على الأرض. يبقى أن يتم إثبات ذلك بالتجربة. وهذا من كل بد تحد علمي أعظمي بالنسبة للعام ٢٠٠٠.

## المراجع:

- BRACK (A.), « L'asymétrie du vivant », *Pour la Science*, dossier hors série, « Les symétries de la nature », juillet 1998, p. 36-43.
- BRACK (A.), « Vie extraterrestre : les charmes de l'improbable », *La Recherche*, n° 317, février 1999, p. 50-52.
- BRACK (A.), « Origine de la vie », Supplément de l'*Encyclopaedia Universalis*, septembre 1999, p. 743-750.
- BRACK (A.), « Sommes-nous seuls ? » *Le Grand livre du ciel*, Bordas, octobre 1999, p. 92-115.
- BRACK (A.), « La chimie à l'origine de la vie », *Pour la Science*, n° spécial, décembre 1999, p. 79-80.
- BRACK (A.), *The Molecular Origins of Life : Assembling Pieces of the Puzzle*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- BRACK (A.), FITTON (B.) et RAULIN (F.), *Exobiology in the Solar System & the Search for Life on Mars*, ESA Scientific Publication, SP 1231, 1999.
- BRACK (A.), *Life in the Solar System*, Adv. Space Res. 24, 1999, p. 417-433.
- RAULIN (F.) et BRACK (A.), « La vie dans le système solaire », *Pour la Science*, dossier hors série, avril 1999, p. 40-42.

## الدماغ

### من البيولوجيا الجزيئية إلى العلوم الاستعرافية (الإدراكية)<sup>(٣)</sup>

بقلم: جان-بيير شانجو

Jean-Pierre CHANGEUX

ترجمة: د. سامر اللاذقاني

أظهر فرنسوا جاكوب كيف يمكن للكائنات الحية أن تصف ذاتها بأنها حالات متميزة من تعضى المادة، وأنها نستطيع وصف خواصها دون الرجوع إلى قوى أخرى غير قوى الفيزياء والكيمياء. وأكد أيضاً أن التقدم في مجال البيولوجيا الجزيئية، وفهم الكائنات الحية على مستوى الجزيئات والذرات، قد وقّع نوعاً ما، على وثيقة وفاة مبدأ الحيوية أو الرجوع إلى قوى حيوية غير مادية. ما حال دماغنا ووظائفه؟ وما حال الروح الإنسانية؟

لن يكون مرامى أن أجيب بطريقة قاطعة على هذا السؤال الصعب، لكن أن أحاول سحب هذا التفكير الذى بدأ فيه فرنسوا جاكوب على حالة تعضى المادة هذه، لكن في مجال أكثر تعقيداً بمراحل من الخلية الجرثومية أو الجنين: أعنى دماغ الإنسان.

سأحاول، متحملاً المخاطر، أن أوضح المفهوم التالى: إن دماغنا، وهو عضو المعرفة، ليس إلا آلة كيميائية، أو منظومة مادية، فى تطور مستمر، من جهة مغلقة على نفسها ضمن منظومة واعية، ومن جهة ثانية مفتحة على العالم المادى، الاجتماعى والثقافى. لكن تعقيد الدماغ وقدرته على التكيف والإبداع،

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٣ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣ يناير ٢٠٠٠.



وصلت إلى مرتبة عالية لدرجة أنها تفرض علينا للتقدم في فك رموز تنظيمه الوظيفي، أن نلجأ في الوقت نفسه معاً، إلى مفاهيم وطرق واختصاصات كانت حتى الآن غالباً متفرقة، تمتد من البيولوجيا الجزيئية إلى علم النفس والاجتماع، ولماذا لا؟ إلى الفلسفة أيضاً. وسأختم مستنتجاً أنه ليس من الضروري أن نلجأ إلى قوى جديدة أو إلى تأثيرات سرية وغير مادية، لتوضيح منشأ المنتجات الأنبل لجنسنا، والتي نصفها غالباً "بالروحانية".

نحن نجهل الكثير من الأمور، لكن أرفض أن أقول إننا سنجعل. طبعاً إن معرفتنا بالدماغ محدودة جداً، وستبقى كذلك لفترة طويلة. لكن لن يقبل ولا عالم فكرة وجود حدود تتوقف عندها المعرفة حتى لو كانت معارفه ستبقى دائماً محدودة ضمن النماذج النظرية والتقنيات التي يستعملها. وإحدى الميزات المتفردة لطرق البحث العلمي، مقارنة مع باقى النشاطات الإنسانية، هي أنها في حالة تقدم دائم. ونحن هنا لنشارك في تقدم المعرفة هذا. ولقد حان الوقت لنناقش بعد قرن من الزمن، اقتراح فرويد القائل: "يجب أن نتذكر أن كل معارفنا النفسية هي مؤقتة، ويجب أن تؤسس يوماً ما على أرضية الركائز العضوية". ما هذه الركائز العضوية؟ هل هي جزيئات أم حدثيات فيزيائية وكيميائية؟

بعد عرض موجز لبعض الأمثلة عن هذه الحدثيات الكيميائية، سأتابع مسيرة لن تطرق الاختزال لكن إعادة البناء. وسأختار من ضمن الجزيئات التي تشكل دماغنا، تلك التي تتدخل في إرسال الإشارات بين الخلايا المؤلفة لهذا الدماغ. وسأسعى لتبيان كيف يمكننا إعادة تجميعها بالتدريج وإعادة تركيبها، لنحصل ولو بطريقة مبسطة وحتى الآن مؤقتة، على منظومة تملك بعض الخواص المميزة لدماغ الإنسان.

إن الدماغ الإنساني شديد التعقيد. والكل يعرف تشريحه بنصفى الكرة المخيتين، وأخايدها وتلافيفها المتعددة، المادة الرمادية والمادة البيضاء. ويتركب المخ من عدد كبير جداً من الخلايا العصبية يوجد منها حوالى مئة مليار خلية،

يضاف لها عدد مماثل من الخلايا الداعمة أو الخلايا الدبقية gliales. والروابط التي تتم بين الخلايا العصبية، هي أيضا غنية جدا وتصل إلى مليون مليار.

وهناك ميزات عديدة في تنظيم دماغنا تتم عن انتمائنا إلى الجنس البشري. فدماغ الإنسان يختلف في العديد من النقاط عن دماغ القرد، وإن كان قريباً منه. طبعاً هناك العديد من المناطق موجودة لدى النوعين، نذكر منها مناطق الأوامر الحركية والرؤية. لكن هناك وحدات موجودة عند القرد إنما تكون أعم وأكبر بكثير لدى الإنسان، كما هي الحال للمناطق الصدغية والجدارية التي تتداخل في فهم وإنتاج الكلام، وخاصة أيضاً، قشر الفص الجبهي الذي وصفه عالم الأعصاب الروسي ألكساندر لوريا Alexandre Luria بأنه عضو الحضارة.

إن دماغنا هو حصيلة التطور البيولوجي، والتطور الوراثي الذي يجعل الإنسان والقرد ينحدران من جذود مشتركة. لكنه أيضاً مركز لأشكال أخرى من التطور من نوع فوق وراثي: أولاً تطور الفرد، بما أنه خلال التطور، تتكاثر الخلايا العصبية وتتصل فيما بينها، لكن أيضاً تطور المحيط الاجتماعي والثقافي الذي سينمو الطفل فيه، والذي سيترك بصماته على دماغه خلال نموه. أخيراً، يمكننا أن نقول إن تطور حالاتنا الفكرية يحدث في الأزمنة النفسية. لكن كل هذه التطورات، الخاصة بكل فرد، أكان ذلك على المستوى التشريحي أو على المستوى الوظيفي، تترابط في دماغنا، في تركيب معقد ومتميز تنظيمياً ووظيفياً.

### العصبون le neurone

في نهاية القرن ١٩ ، افتتحت ثورة لا سابق لها التطورات السريعة لعلوم الدماغ اللاحقة. لقد قاد التقدم الحاصل في مجالات البصريات المجهرية، وتقنيات تلوين الخلايا العصبية، عالم التشريح الإسباني سانتياغو رامون ي كاخال Santiago Ramon y Cajal ، لاقتراح مفهوم عن الخلية العصبية كان في حينه مناقضاً للرأي العام السائد. وكان النقاش يدور حول الطريقة التي تمتلك فيها

الخلايا العصبية لاستطالات طويلة متفرعة: التغصنات dendrites والمحاور بفروعه الجانبية وتشجره النهائي. وكانت تتجابه نظريتان حول اتصالهما النهائي: النظرية الشبكية والنظرية العصبونية.

تقول النظرية الشبكية أن كل هذه الخلايا العصبية تشكل فيما بينها شبكة مستمرة، وأن هناك شكلاً من القنوات الدقيقة، وأليافاً خاصة توحد هذه الخلايا مع بعضها بشكل متواصل. أما النظرية المعاكسة، والتي كان يدافع عنها رامون ي كاخال، فكانت تقول إن الخلايا العصبية تشكل وحدات متفردة ومستقلة، لكن متجاورة فيما بينها. وكان لهاتين النظريتين ركيزة أيديولوجية أيضاً. لأنه إذا كانت هذه الشبكة متواصلة، فإن النفس تستطيع الولوج إلى هذه الشبكة والعبور بسهولة أكبر من خلية إلى أخرى. أما إذا كانت الخلايا فقط موضوعاً الواحدة جانب الأخرى، نشأ لدينا انقطاع في التواصل، وتحتّم عبور هذا الحاجز. وكان هذا يطرح مشكلة كبيرة للذين يعتقدون أن نفساً طيارة تنتقل عبر كل ذلك.

وأثبتت التجربة صحة نظرية رامون ي كاخال: فالخلايا العصبية هي متجاورة وليست متواصلة فيما بينها. إن الخلية العصبية وحدة تشريحية ووظيفية. والنهايات العصبية متجاورة الواحدة مع الأخرى على مستوى بنى متخصصة أطلق عليها اسم المشابك synapses من قبل شرينغتون Sherrington.

### الاتصال الكيميائي بين العصبونات

إن دماغنا ليس آلة جامدة. وهناك أنواع عديدة من الإشارات التي تنتقل داخل الآلة العصبية. والإشارات الأساسية هي النبضات الكهربائية التي تنتقل بسرعة أقل من سرعة الصوت، ونجدها عند قنديل البحر وصولاً إلى قشر المخ في الإنسان. وتنتقل هذه الإشارات على طول المحاور بطريقة غير ملفتة للنظر، على مبدأ "كل شيء أو لا شيء"، وذلك من جسم الخلية وصولاً إلى النهاية العصبية. يمكن قياس هذه الموجة الكهربائية البسيطة بواسطة تجهيزات فيزيولوجيا

كهربائية، وتبلغ سعتها حوالى مئة ميلى فولت أى ٠,١ من الفولت. ويمكن تسجيل مجموع النشاطات الكهربائية الحاصلة فى قشر المخ على شكل تخطيط الدماغ الكهربائى. ويستعمل هذا التخطيط بشكل شائع لكشف اضطرابات الوظيفة الدماغية مثل التى نلاحظها فى نوب الصرع. ويمكن تفسير كل موجة كهربائية بمفردها وبشكل كامل، على أنها انتقال جزيئات مشحونة، هى الأيونات (أو الشوارد) عبر غشاء الخلية. ويمكن إعادة النشاط الكهربى البسيط للدماغ إلى آليات فيزيائية - كيميائية بحتة، وهذا استنتاج خطير على المستوى الفلسفى والإيدولوجى، وأنا أتحمل مسئوليتة.

ويمكن إطلاق هذه الموجات الكهربائية البسيطة بالتفاعل مع العالم الخارجى، لكن لها أيضا أن تظهر عفويًا. ويتظاهر الفكر كوظيفة معقدة ومركبة بشكل خاص فى دماغنا. وهو ينشأ بصورة عفوية، دون أن يكون بالضرورة خاضعًا لتفاعل مع العالم الخارجى. ويمكن لهذا أن يحدث لأن الخلية العصبية، وبالتالى الدماغ، تمتلك خاصية تتفرد بها، وهى إنتاج نشاط عفوى، ونبضات كهربائية داخلية، يمكن لها مع الزمن أن تنتظم فى ذبذبات، منتظمة أو على شكل متتابع. وفى كل الأحوال، فالأمر يتعلق بحدثيات فيزيائية - كيميائية. لكن هذا يطرح مشكلة جديدة.

إذا كانت نظرية العصبون صحيحة، فما الذى سيحدث على مستوى الاتصال بين الخلايا العصبية؟ كيف ستمكن الموجة الكهربائية من الانتقال من خلية عصبية إلى أخرى بواسطة المشبك؟

يمكن التعرف على المشبك بواسطة المجهر الإلكترونى بتجاور بنيتين متميزتين. من جهة النهاية العصبية، التى يمكن التعرف عليها بوجود حويصلات صغيرة سنفهم بعد قليل دورها، وتقاس هذه النهاية حوالى ١ ميكرومتر أى مثل قياس الجرثوم. تجاور هذه النهاية العصبية الخلية التالية لها على مستوى بنية غشائية كثيفة على الإلكترونات. يوجد إذاً مسافة يجب قطعها بين وجهى المشبك.

وهذه المسافة كبيرة نسبياً، إذ تقيس حوالى ٠,١٥ إلى ٠,٢٥ ميكرون، وبالتالي لا يستطيع التيار تجاوزها للانتقال من خلية إلى أخرى عبر المشبك.

وهنا تتدخل الكيمياء إجبارياً كنقطة وصل كهربائى، وذلك فى معظم مشابك جهازنا العصبى وبشكل خاص فى دماغنا. إذ أن هذا الأخير يحوى مواداً كيميائية تم التعرف عليها فى بداية هذا القرن، وتفيد فى نقل الإشارات بين الخلايا العصبية. ولهذا دعيت النواقل العصبية.

وأحد هذه النواقل يدعى الاستيل كولين. ويتم تركيبه فى النهاية العصبية ويتم تخزينه فيها ضمن الحويصلات التى ذكرتها سابقاً. والسيالة العصبية، عندما تجتاح النهاية العصبية، تؤدى بآلية إفراز كهربائية، إلى تحرير هذا الناقل العصبى وإطلاقه فى المسافة المشبكية، وذلك على شكل نبضة كيميائية، وسيرتفع التركيز فجأة من  $10^{-9}$  جزيئى إلى  $10^{-3}$  جزيئى. وهذه القفزة فى التركيز عابرة، وتُدوم حوالى ١ ميللى ثانية وتتطابق مع انتقال الرسالة الكيميائية بين النهاية العصبية والخلية التالية. تجتاز هذه النبضة الكيميائية المسافة المشبكية بالانتشار حتى تصل إلى الغشاء بعد المشبكى. وعند هذا المستوى يجب أن يتم إعادة تحويل الإشارة من كيميائية إلى كهربائية: يحصل لدينا تبليغ transduction كيميائى - كهربائى. تشكل هذه المشابك الكيميائية الجزء الأساسى من المشابك فى دماغنا. وآلية نقطة الوصل الكيميائية البسيطة نسبياً تدوم حوالى ميللى ثانية أو أكثر قليلاً بالنسبة لكامل الآلية. وهذا يخلق حاجزاً زمنياً، أو الزمن الحرج بالنسبة لعمل المخ البشرى. وقد نتساءل لماذا لا يعمل الدماغ زمنياً بمقاييس النانو ثانية عوضاً عن الميللى ثانية، أو ربما أسرع من ذلك أيضاً؟ لأن مشابكنا لديها أزمنة حرجة للعمل، هى بحدود الميللى ثانية، وأن سرعة انتشار الإشارات فى جهازنا العصبى تفرض ضغوطات على عمل كامل الدماغ. وفى الواقع نحن لا نستوعب أن ما اتفق على تسميته الزمن النفسى، تحدده خواص جزيئية بسيطة بهذا الشكل.



ومن النواقل العصبية نذكر: الاستيل كولين، الدوبامين، النور أدرينالين، الحمض غاما امينوبوتيريك أو الغليسين. وبعض هذه النواقل العصبية مثل الاستيل كولين أو الغلوتامات هي نواقل مثيرة، ويعنى هذا أنها ستسبب توليد دفق عصبى فى الغشاء ما بعد المشبك، وبعضها الآخر مثل حمض الزبدة الغاما أمينى هي نواقل عصبية مثبطة، أى أنها ستثبط إطلاق الدفق العصبى. ويمكن للعصبون الواحد أن يركب حتى خمسة أو ستة من هذه النواقل العصبية. ويملك بالتالى مجموعة كيميائية متنوعة ستسمح له بالاتصال مع عدد كبير نسبياً من شركائه وبالتالي مضاعفة إمكانات التفاعل بين هذه العصبونات.

ويثير هذا الاكتشاف سؤالاً غنياً بالنتائج: إلى أى حد تتدخل هذه المواد الكيميائية فى آليات تنظيم الوظائف الأساسية لدماغنا؟ أو لنفسيتنا؟ نحن نعلم أن عدداً كبيراً من المواد، التى نجملها تحت بند المخدرات تؤثر على جهازنا العصبى، مثل المورفين والتترا هيدروكانابينول (المادة الفعالة فى الحشيش). ما آلية تأثيرها؟ تبرهن مجمل النتائج الحديثة التى تم الحصول عليها حول هذا الموضوع أن المورفين يشابه فى بنيته اللو-انكيفالين leu - enkephaline، وأن التتراهيدروكانابينول يشابه الأنانداميد: وكلاهما من النواقل العصبية فى جهازنا العصبى المركزى.

لقد ذهب الإنسان إلى عالم النبات الطبيعى، باحثاً عن مواد متنوعة يمكن أن تؤثر على جهازه العصبى المركزى على مستوى الوظائف الكبيرة مثل التحفيز، الألم أو اللذة. هذه المخدرات هي بشكل أو بآخر، تمثيلات اجتماعية لمواد كيميائية نملكها فى دماغنا.

تمت دراسة كيمياء الاتصالات بين الخلايا العصبية بالتفصيل خلال السنوات الأخيرة، فى البداية على مستوى إطلاق النواقل العصبية. إذ أن هناك عدد كبير من الجزيئات التى تساهم ليس فقط بتركيب وتخزين النواقل العصبية، بل أيضاً على إطلاقها عند وصول السيالة العصبية إلى النهاية العصبية. وبالتالي طُرح السؤال

حول فهم ما يجرى فى الجهة الثانية من الشق المشبكى، أى عندما يتصل الناقل العصبى هذا مع الغشاء لخلق إشارة كهربائية، التى يمكن أن تكون إشارة منبهة كما هى الحال بالنسبة للاستيل كولين أو الدوبامين، أو إشارة مثبطة، كما هى الحال بالنسبة لحمض الزبدة الغاما أمينى أو الغليسين.

### مستقبلات النواقل العصبية: من الكيمياء إلى الكهرباء

إن دريئة الناقل العصبى هى المستقبل النوعى له، الذى يتدخل فى آلية التنبيع transduction الكيميائى - الكهربائى. وهذا المستقبل هو أيضا هدف بعض المواد الفعالة دوائيا، والمخدرات والسموم. وبفضل هذه العوامل الكيميائية تم التعرف عليه فى الغشاء بعد المشبك.

وفى سبيل ذلك، كان من الضرورى العثور على نسيج متجانس وغنى جدا بالنهايات العصبية. ما النسيج الذى يمكن استعماله لعزل أحد مستقبلات النواقل العصبية؟ انصبت الجهود البدئية على مستقبل الاستيل كولين، الذى هو أيضا مستقبل لعقار شائع ألا وهو النيكوتين. إن دماغنا غير متجانس بشدة؛ وهو يحوى العشرات من النواقل العصبية، ويضم المئات من أنواع العصبونات. لكن هناك سمكة تولد كهرباء معروفة منذ العصور القديمة، تدعى الطوربيد، قدمت لنا هذه السمكة النسيج المتجانس جدا الذى نبحث عنه. والعضو الكهربائى الذى يولد شحنات كهربائية من ٢٠ إلى ٥٠ فولت وبضع عشرات من الأمبير، يتألف من مجموعة واسعة جدا من المشابك متشابهة كلها فيما بينها، وعددها مقارب لعدد عصبونات دماغنا. بالإضافة لهذا العضو الكهربائى كنا بحاجة إلى علامة كيميائية يسمح لنا بملاحظة أثر المستقبل والتعرف عليه. قدم لنا ثعبان سام خطير جدا هو البونغار هذا العلامة.

تكمّن سمية سم البونغار أو الكوبرا فى أنه يحوى ذيفانات toxines تؤثر بشكل اصطفاى جدا على بعض الأهداف المحددة بما فيها المشابك. وذيفان السم

من النموذج ألفا يؤثر على مستوى الوصل العصبى - العضلى، كما يفعل الكورار، مؤدياً إلى إحصار عليه بطريقة نوعية جداً وتقريباً غير معكوسة. سمح لنا جعل هذا الديقان مشعاً بملاحقته إلى مستقبل الاستيل كولين الذى يتدخل فى تنبىغ الإشارة الكيميائية - كهربائية فى العضو الكهربائى.

وعندما نفحصه بالمجهر الإلكتروني يبدو هذا المستقبل مثل زهرة صغيرة يقيس قطرها عشرة من المليار من المتر، مؤلفة من خمس وريقات وقلب محب للماء. وزنها الجزيئى ٣٠٠,٠٠٠ وتحمل مواقع ارتباط للناقل العصبى بالإضافة إلى قناة شاردية ionique. وينجم التنبىغ الكيميائى - الكهربائى عن المزوجة بين ارتباط الناقل العصبى وانفتاح القناة الشاردية.

ومؤخراً تمت دراسة أحد المواقع الفعالة للغلوتامات glutamate وهو أحد المستقبلات للوسطاء العصبيين، وذلك بواسطة التصوير البلورى، وتم التعرف على بنيته الذرية. والاكتشاف المهم كان التعرف على أنه يوجد تشابه مذهل فى البنية مع بروتين جرثومى يثبت أيضاً الحموض الأمينية مثل الغلوتامات. إذن يوجد فى دماغنا جزيئات عمرها أكثر من مليار سنة لأنها تتحدر من بروتينات جرثومية حافظت على بنيتها رغم أنها غيرت وظيفتها. وهذا يبرهن على الاقتراح الذى قدمه فرنسوا جاكوب فى عرضه التقديمى أنه "يوجد وحدة مذهلة فى التنظيم الجزيئى للكائنات الحية".

ويسمح تحليل بنية القناة الشاردية، المرتبطة بهذا الموقع المستقبل، بفهم ما الذى يجعل القناة تتعرف على شرسبة cation أى تكون منبهة كما هى حال مستقبل الاستيل كولين، أو التعرف على شرجبة anion أى تكون مثبطة كما هو حال مستقبل حمض الزبدة الغاما أمينى. ويتدخل هذان النموذجان للأقنية مباشرة فى السيطرة على وظائفنا الدماغية. وهناك برهان ممتاز سيقنع عدداً متزايداً للأسف من مستعملى المهدئات مثل الفاليوم والليبريوم، تقدمه طريقة عمل هذه المهدئات. تتدخل هذه العوامل الدوائية أى البنزوديازيبيمات ليس مباشرة على مستوى القناة،

لكن على انفتاح القناة المرتبطة بمستقبل حمض الزبدة الغاما آمينى. وبآلية تقوية الفعل المثبط لهذا المستقبل، تؤثر هذه المهدئات على جهازنا العصبى المركزى.

وهذه الملاحظة التى تدهشنا ببساطتها تثير السؤال الفاصل بالنسبة للآلية التى يقوم بها الناقل العصبى، عند تثبته على موقعه، لفتح القناة الشاردية. والنظرية التى قدمتها منذ سنوات نقول إن انفتاح القناة الشاردية يستدعى عمل زناد جزيئى، أو مبدلة كهربائية commutation تتطلق عندما يتثبت الناقل العصبى على موقعه. وآلية المبدلة الكهربائية هذه تشبه فى كثير من النقاط تلك الملاحظة مع الأنزيمات الجرثومية المنظمة، ومع خضاب الدم الذى ينقل الأكسجين فى كرياتنا الحمراء. هذا هو إذن النموذج المتفق عليه لانفتاح القناة الشاردية، ولتتبع الإشارة بواسطة الناقل العصبى: تبدل بسيط فى التشكل يفتح القناة عندما يكون الناقل العصبى موجودًا، وعندما يختفى بالانتشار تتغلق القناة، ويعود الجهاز إلى وضعية الراحة. أى أن هذا شكل من أشكال القفل الجزيئى الذى يفتح ويغلق عندما يدخل فيه مفتاح الناقل العصبى أو يخرج منه.

يوجد أيضا أوضاع تشكيلية أخرى للمستقبلات تعتبر مهمة بالنسبة لآليات تدوم فترة أطول، أى للذاكرة. لا تظهر أوضاع التشكل هذه إلا من بضع ثوان إلى دقيقة بعد البدء بتطبيق الناقل العصبى. تتدخل مستقبلات النواقل العصبية إذن ليس فقط فى آليات التتبع التى تخدم فى نقل الإشارات بين الخلايا العصبية، لكن أيضا فى آليات التذكر والمحافظة على آثار نشاط جهازنا العصبى المركزى على مستوى هذه الجزيئات الموجودة فى المشابك.

وهذه المستقبلات موجودة بأعداد كبيرة فى دماغنا وأيضاً فى أجهزة حواسنا البصرية والشمية وأيضاً الذوقية. وهناك مجموعة مذهلة من الجزيئات القادرة ليس فقط على التدخل فى استقبال الإشارات الفيزيائية والكيميائية القادمة من العالم الخارجى، الإشارات الضوئية، الإشارات الميكانيكية مثل الإشارات السمعية، لكن

أيضا المساهمة بالنشاطات الداخلية في جهازنا العصبى المركزى وبالتالى فى الوظائف العليا لدماغنا.

وبالنتيجة فإنه يظهر نتيجة كل الأبحاث التى أجريت على مستقبل الاستيل كولين ومستقبل الغلوتامات وغيرها من المستقبلات، وإن كانت لا تتبع كلها تماما النموذج الجزيئى ذاته، يظهر أن كل نشاطاتنا الدماغية هى ليست فقط نشاطات كهربائية تنتشر فى أعصابنا لكن أيضا نتيجة تنبيغ كيميائى - كهربائى بواسطة نظم جزيئية من النواقل العصبية ومن مستقبلاتها.

لقد نزلنا من الخلية العصبية إلى الجزيء، ومن الجزيء إلى الذرة. وحتى هنا لم نضطر أن نلجأ إلى آليات أخرى أو قوى أخرى لا يمكن تفسيرها بمصطلحات مادية وفيزيائية - كيميائية.

وانطلاقاً من معرفة المستوى الجزيئى ومن تنظيم الخلايا العصبية وعلاقتها بعضها ببعض سأحاول معكم وبسرعة أن نعاود الصعود إلى الوظائف الكبرى للجهاز العصبى المركزى.

### الجزيئات والاستعراف

توظف الآليات الاستعرافية بنى عصبية فى مستوى تنظيمى أرفع بكثير من المستوى الجزيئى والخلوى. ولا يمكننا أن نتقدم فى غابة المشابك الدماغية إلا إذا بنينا نماذجاً بسيطة، وبالضرورة مجزأة، للمدارات المفعلة فى تصرف معين أو وظيفة نفسية محددة. والنموذج سيكون بسيطاً جداولن يكون شاملاً بالطبع. ولقد ركزنا جهودنا ستانسلاس دوهينى Stanislas Dehaene وأنا على القشر الجبهى، وهى منطقة من قشر المخ تزداد مساحتها بسرعة خاطفة من القرد إلى الإنسان.

لقد تخيل أطباء الأعصاب اختبارات متعددة لكشف إصابات القشر الجبهى لدى المرضى. فإذا كان لدى مريض أذية فى القشر البصرى فإنه لا يرى، وإذا



كانت الإصابة في القشر السمعي فإنه لا يسمع. والحالة هنا سهلة. لكن من الصعوبة بمكان إيجاد اختبار يقيم عمل هذا القشر الجبهي. واستطاع باحثون أميركيون من جامعة ويسكنسن وضع الاختبار وسمى لذلك "اختبار ويسكنسن Wisconsin لفرز البطاقات".

وتحتوي البطاقات المستعملة في الاختبار على رسومات من ألوان وأشكال وأرقام مختلفة. وتوجد مجموعة مرجعية من البطاقات، ومجموعة أخرى من بطاقات الأجوبة موضوعة أمام المُختبر. يطلب الفاحص من المفحوص أن يرتب البطاقات الجوابية حسب قاعدة ما. يأخذ الطالب بطاقة جوابية ويحاول أن يرتبها مثلاً حسب اللون. فإذا كانت هناك إشارات صليب بلون أحمر فإنه سيرتب هذه البطاقة مع البطاقة المرجعية ذات اللون الأحمر. فيقول الفاحص: "نعم هذا جيد". وبالتالي يأخذ بطاقة أخرى من المجموعة لونها أحمر. وسيضعها مقابل البطاقات الحمراء، ... إلخ. إلى أن يقول الفاحص: "لا هذا خطأ". الفاحص هنا غير القاعدة دون تحذير المفحوص، الذي عليه أن يكتشف أن الفاحص قد غير القاعدة وأنه يطبق قاعدة جديدة، ستكون مثلاً التصنيف حسب العدد أو الشكل، وهكذا دواليك. وتتشأ هكذا لعبة قائمة على مبدأ التجربة والخطأ بين الفاحص والمفحوص لاكتشاف قاعدة التصنيف المخفية. وسيكتشف المفحوص بعد عدة ألعاب بالورق القاعدة التي يطبقها الفاحص بطريقة ضمنية.

أمّا المريض الذي يشكو من أذية في قشر المخ الجبهي فسيجد صعوبة في اكتشاف القاعدة الجديدة. فهو سيخطئ وغالباً يصر على خطئه ويستمر في تطبيق القاعدة السابقة، ولن ينتبه إلى أن القاعدة قد تغيرت. وتكون العملية الاستعرافية للفهم مضطربة لدى هذا المريض المصاب بأفة في الفص الجبهي.

لقد حاولنا بناء نموذج عصبي للآليات الدماغية التي تتدخل في اختبار فرز البطاقات هذا. وليكون فرد ما قادراً على التعرف على قاعدة، يجب أن تكون هذه القاعدة موجودة أولاً في دماغه، مثلاً تحت شكل من حالات نشاط لمجموعة من

الخلايا العصبية. والقاعدة التي ترمز للشكل، والقاعدة التي ترمز من أجل اللون، والقاعدة التي ترمز لرقم، لهذه الرسومات "ممثلة" عبر حالات النشاط العصبوني هذه. تم تصميم هندسة الشبكة بحيث، إنه في لحظة معينة تكون مجموعة واحدة فقط من العصبونات التي ترمز العملية الراهنة، فعالة، وتكون المجموعات الأخرى مثبّطة. فمثلاً عندما تكون مجموعة الخلايا العصبية التي ترمز "اللون" فعالة، فإن العضوية ستجيب بحيث يكون خيار البطاقة مطابقاً للون مهما كان هذا اللون. فإذا كانت البطاقة صحيحة، أعطى الفاحص جواباً إيجابياً. وهنا تتدخل منظومة أخرى من الخلايا العصبية: وهي عصبونات المكافأة التي تنتقل إلى دماغ المفحوص جواباً إيجابياً، وبمعنى آخر، مكافأة. تطلق عصبونات المكافأة هذه ناقلاً عصبياً خاصاً يثبت مجموعة الخلايا العصبية التي رُمزت للقاعدة "لون". كيف يتم هذا التثبيت؟ بتغيير فعالية مشابكها على المستوى الجزيئي، سيتم تثبيت مستقبلات النواقل العصبية في حالات تشكيلية تحافظ مثلاً على الإشارة الذاتية لمجموعة العصبونات التي ترمز القاعدة "لون". ويقترح هذا النموذج أن دماغ المفحوص يحتوى آلية معينة تسمح للعضوية باختبار قاعدة على العالم الخارجي، وإذا كان الجواب إيجابياً تقوم بتمتين هذه النظرية. في الواقع هذا مخطط مبسط جداً لعضوية صناعية تستطيع أن تجتاز اختبار ويسكنسن بنجاح.

تم استكشاف آليات المكافأة الموجودة في دماغنا من قبل العالم أولدس Olds منذ سنوات، وذلك بعد اكتشاف تم مصادفة. كان هذا الباحث قد زرع مساري كهربائية لتنبية دماغ جرذ. لكنه لاحظ رد فعل غريب "بالمتعة" عندما كان يرسل شحنة كهربائية عبر مسرى التنبية. فركب جهازاً يسمح للجرذ عندما يضغط على دواسة أن يرسل شحنة كهربائية لنفسه. وكانت مفاجأته كبيرة عندما اكتشف أن الجرذ كان يحرض ذاته عفويًا. وفي حال كان المسرى الكهربائي موضوعاً في منطقة من العصبونات التي تستخدم الدوبامين كناقل عصبي، فإن الجرذ ليس فقط يستمتع بتحريض ذاته ولكنه لا يتوقف عن ذلك. وحتى لو حرم من الطعام، وحتى لو قدّم له شريك مثير جنسياً، فإنه يتابع التحريض الذاتي. وهو لا يتوقف إلا لينام

ثم يتابع ذلك باقى النهار. والظاهرة ذاتها تحدث إذا عوضًا عن التحريض الكهربائى، فقد تم حقن الجرذ فى وريده بمحلول من الكوكائين أو حتى من ... النيكوتين.

واهتمنا طبعًا بالتعرف على دريئة النيكوتين فى تجربة من التحريض الذاتى. واستعملنا لذلك فأرة فيها طفرة أدت إلى فقدان جينة ترمز وحدة جزئية من مستقبل النيكوتين. هل ستتأثر قدرة هذه الفأرة على التدريب؟ وبشكل خاص فى قدرتها على الحقن الذاتى بالنيكوتين؟ تعرض الفأرة لاختبار تدريبى يدعى التحاشى السلبى ، ويتم ذلك بوضعها فى حجرة مضاءة مجاورة لحجرة مظلمة. وعفويًا، كما تعرفون، تخرج الفئران من جحرها فى الليل. لذا تدخل الفأرة الحجرة المظلمة، وهنا تتلقى صدمة كهربائية. هل ستتذكر الفأرة هذه الصدمة الكهربائية فى الغد؟ فى حال الإيجاب ستبقى الفأرة فترة أطول فى الحجرة المضاءة ولن تعود إلا متأخرة إلى الحجرة المظلمة. لكن فى حال حقن النيكوتين مباشرة بعد التعرض للصدمة الكهربائية ثم قياس الزمن الذى تحتاجه لدخول الغرفة المظلمة فى اليوم التالى، فإننا نجد أن هذا الزمن هو أطول مما هو عليه عند مجموعة المقارنة التى لم يتم حقنها بالنيكوتين. وبالتالى فإن مادة النيكوتين تساعد على تذكر الصدمة الكهربائية المزعة وبالتالى تسهل التدريب الفورى.

لكن عند الحيوان الحامل للطفرة يفقد تأثير النيكوتين. ومما يثير الدهشة أكثر أن الفأرة الحاملة للطفرة، بغياب النيكوتين، تبقى فترة أطول فى الحجرة المضاءة أكثر من الفأرة البرية، كما لو أنها كانت تملك قدرة تدريب أفضل. وتم تعريض الفأرة حاملة الطفرة ذاتها لبروتوكول التحريض الكيمائى الذاتى. فالفأرة العادية تحقن ذاتها بسهولة وعفويًا بالكوكائين. لكن يجب تدريبها على الكوكائين حتى تحقن ذاتها بالنيكوتين. أما لدى الفأرة حاملة الطفرة، فيحدث ضياع للحقن الذاتى بالنيكوتين دون ضياع الحقن الذاتى بالكوكائين. أى أن الفأرة لم تعد حساسة للتأثير الممتع للنيكوتين. يوجد والحال هذه علاقة بين قدرة الفأرة على إتمام مهمات تدريبية وقدرتها على الحقن الذاتى بالنيكوتين.

قبل كل شيء تعتبر هذه النتيجة متوافقة مع الفكرة القائلة أن نظم المكافأة تتدخل في عملية التدريب، كما يقترح ذلك النموذج المعروف. ثم يظهر أن إصابة جزيئية مثل ضياع مستقبل النيكوتين هنا، يمكن أن تغير وظيفة التدريب. وهذه أول وأبسط مواجهة بين المستوى الجزيئي والمستوى الاستعرافي أو الإدراكي. ونحن طبعاً ما زلنا بعيدين عن فهم كل الروابط التي يمكن أن تكون موجودة بين المستوى الجزيئي والمستوى الاستعرافي. لكن هذا ليس إلا بداية.

### النتيجة : الروح للجسد.

ما هي حال وظائف أكثر تعقيداً في الدماغ مثل الوعي. نستطيع التدخل على هذا المستوى لنقترح نماذج، أو مخططات بدائية، ولكننا ما زلنا بعيدين جداً عن الوصول للفهم الكامل للآليات الواعية. كل ما نستطيع قوله أنه يمكن مقاربتها على المستوى العلمي وهذا يعتبر بحد ذاته كثيراً.

علينا أن لا ننهر أو نرهب من هذه الأبحاث على الدماغ. لنفكر قبل كل شيء أن المخ عطوب جداً، وأن معرفتنا هذه بكيمياء الدماغ ستسمح لنا بتقدير درجة عطبه. هناك العديد من الأمراض العصبية والنفسية التي تصيب الدماغ. وموريس توبيانا Maurice Tubiana هذا الطبيب العظيم كتب مؤخراً: "أن المشاكل النفسية والأمراض النفسية ستشغل في القرن ٢١ واجهة خشبة المسرح الطبية، ومن حسن الحظ أن التقدم في العلوم العصبية سيهب الأطباء أسلحة مناسبة لمواجهة هذه المشاكل". إن كيمياء المخ تضطرب مثلاً خلال الشيخوخة، مما يؤدي إلى موت الخلايا وتتكس الطرق العصبية. ونأمل أن نعثر على أدوية تبطنها أو على الأقل تنقّص من آثارها.

لماذا الخوف من هذه المعارف عن الدماغ؟ إن معرفة طبيعتنا بشكل أفضل، يجب على العكس أن تساعدنا على فهم أنفسنا بشكل أفضل.



## الهوية الوراثية<sup>(٤)</sup>

بقلم: أنطوان دانشين

Antoine DANCHIN

ترجمة: د. سامر اللاذقاني

قبل ٣٠٠٠ عام، كان الناس يسألون عرّافة دلف (البيتيا) Pythie حول مستقبلهم. وكانت تجيبهم بأسئلة على شكل ألغاز. أحدها كان: "لدى مركب مصنوع من ألواح خشبية وهذه الألواح تهترئ الواحد بعد الآخر، وبعد فترة معينة تم تغيير الألواح كلها. هل زورقي ما زال هو نفسه؟". طبعًا يجيب المالك بالإيجاب، وله كل الحق في ذلك، لأن شيئًا ما يجعل هذا المركب يطفو ما زال محفوظًا، وإن كانت مادة الزورق ليست محفوظة. فبما أن كل الألواح قد تم تغييرها وأن طبيعة الخشب ذاتها يمكن أن تكون مختلفة، فإن هناك شيئًا في المركب أكثر من مادته الأولية.

لماذا اخترنا هذه الصورة وهذا السؤال لتتكلّم عن الحياة؟ من الأساسى أن نفهم الحى وعلوم الأحياء كعلم للعلاقات بين الأشياء وليس كعلم عن الأشياء. وعلينا الآن أن نكتشف شكل هذه العلاقات: لا يكفى أن نتعرف ببساطة على الأشياء أو أن نشرّح الحيوان إذا لم نفهم العلاقات بين الأشياء.

وتشكل مجموعة العلاقات بين الأشياء خاصة تجريدية، كما هي حال مخطط الزورق الذى هو تجريدى أيضا بالنسبة للألواح الخشبية المؤلفة له. ولكى نفهم العلوم الحيوية يجب أن نبذل مجهودًا للتجريد وأن نأخذ بعين الاعتبار عددًا من الآليات والقوانين الناعمة.

---

(٤) نص المحاضرة رقم ٤ التى أقيمت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٤ يناير ٢٠٠٠.



إن الآليات التى تجعل العضويات تحيا هى أربع: الأولى هى الاستقلاب. لا توجد عضويات حية لا يحدث فيها تحويل الأشياء إلى أشياء أخرى، خاصة الجزيئات الصغيرة أو الجزيئات الأكبر منها التى يتم تحويلها من واحدة إلى أخرى. وإن كان هناك حالة يمكن وصفها بالهجوم - بين الحياة والموت - وهذه حال البذرة أو أبواغ الفطور أو الجراثيم - فإننا لا نستطيع وصف العضوية بأنها حية إلا عندما يستيقظ استقلابها، وعندما نرى تحول هذه الأشياء من شكل لآخر. إذ أنه من طبيعة الاستقلاب ذاته خلق علاقات والتلاعب بها.

والميزة الثانية للعضويات الحية هى التقسيم إلى حجرات (التحاوز) (compartmentation). فالخلية التى هى عنصر الحياة الأساسى مصنوعة من داخل وخارج. وتتبع الحياة إستراتيجيتين لتنظيم التحاوز: فإما يكون لدينا خلايا وحيدة محاطة بغلاف متفاوت التعقيد، يجب أن تحيا فى بيئة متنوعة جدا وأن تتكيف معها بسرعة، وينطبق هذا على معظم الجراثيم التى نعرفها، أو الاستراتيجية الثانية وهى على العكس من ذلك، وتقوم على مضاعفة الأغشية والجلود وحتى ثيابنا، لتعزل قدر الامكان الوسط الداخلى عن الوسط الخارجى.

وتشترك مع إستراتيجيتى التحاوز هاتين، إستراتيجيات للتذكر بشىء سيتم نقله من جيل إلى جيل، وسيعبر عن نظام بناء العضويات الحية، ألا وهو الجينوم (génome). وتتشكل القاعدة الفيزيائية للجينوم من عائلة من الجزيئات التى تتألف من أشكال كيميائية لقواعد بسيطة: فقط ٤ نماذج مختلفة مرتبطة على التسلسل ببعضها على التتالى كأحرف الأبجدية، وتتسلسل لبناء جمل الكتاب المختلفة.

ويمكننا أن نصف جزءا كبيرا مما يجعل للعضويات حياة بواسطة آلية الذاكرة التى هى نقل نص أولى، الذى هو للجينوم من جهة، ومن جهة أخرى ترجمة هذا النص إلى نص آخر، هدفه التطبيق العملى لمحتوى النص الأولى. وفى واقع الأمر فإن امتلاك نص الجينوم، ومن ثم نصا ثانيا يفتح إمكانات عظيمة للحياة. ويتركب النص الأول من طبقة جزيئات، هى الحموض النووية (Acides

(Nucléiques) ومنها اختصار الدنا ( الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين) ADN، المؤلف من أربع أشكال أساسية معلقة ببعضها على التسلسل. لكن هذا النص ما هو إلا نص للوصفات، ولا يكفى لوحده لتشغيل عضوية حية. بل يجب تطبيق الوصفة وتفعيلها. وهناك نوع ثان من الأشياء فى العضويات الحية هو البروتينات، وهى ناجمة عن ارتباط عناصر أساسية على التسلسل أيضا لكن هنا لدينا عشرين عنصراً: هى الحموض الأمينية Les acides aminés. ويوجد نوع من التراسل بين هذه الذاكرة، الحموض النووية، وهذه الأشياء أى البروتينات، التى تفيد فى البناء المعمارى للخلايا، وإلى تحريك كل قواعد المراقبة وقواعد الاستقلاب.

وهذه الآليات الأربع (الاستقلاب، التحاوز، الذاكرة والمناورة أى التغيير والتبديل manipulation) يجب أن تعمل معاً حكماً لبناء عضوية حية. وإذا اخترنا هذه العناصر السابقة لتعريف الحياة، فإن الفيروسات عندها لا تعتبر عضويات حية: صحيح أن لديها صفات الذاكرة والتجاوز التى تحصل عليها من الخلية المضيفة، ولكنها عاجزة عن الاستقلاب والمناورة. أى أن الحمات هى طفيليات صرفة للذاكرة. والصورة ذاتها للطفيليات الصرفة للذاكرة ظهرت فى علم الحواسب الإلكترونية حيث نجد أجزاءً من برنامج تنتزه فى الحواسب وتمتاز بأنها تستطيع أن تنتشر عن طريق مضاعفة ذاتها، إذا أمكن، دون تغيير شكلها وهى تنتقل. وتظهر هنا فكرة جديدة مرتبطة بفكرة الذاكرة هى فكرة البرنامج.

بالإضافة لهذه الآليات الأربع هناك قانونان: القانون الأول يسمح بالاحتفاظ بالذاكرة. هذه الذاكرة هى على شكل حاملها المادى، مزدوجة. فهى مؤلفة من عنصرين متكاملين، كما هى الحال بالنسبة للسالب والموجب فى التصوير الفوتوغرافى. فأحدهما كما الآخر يسمح إذا كانا مفصولين بإعادة تشكيل الجزء الآخر. اكتشف ويلكنز، واطسون وكريك عام ١٩٥٣ بنية الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين (الدنا)، وظهر مثل مروحة مزدوجة يشكلها خيطان متكاملان، مما يسمح بفهم كيف يمكننا أن نحافظ على تسلسل معين للأشكال الكيميائية دون تغيير،

عبر الأجيال. إذن نحن لدينا هنا قاعدة للتكامل، القانون الأول للوراثة الذى يسمح أن نعين بشكل كامل قطعة من نص بواسطة النص الآخر وهذا بطريقة متناظرة.

ويفسر القانون الأول هذا انتقال الوراثة عبر الأجيال، لكن القانون الثانى، الأهم والأكثر تجريداً، يشرح الخواص الإبداعية للعضويات الحية. إذ يجب الانتقال من الذاكرة إلى التشكيل manipulation أى من الحموض النووية إلى البروتينات. ولدينا هنا آلية ترجمة. فالنص الأول المكتوب بأبجدية من أربعة أحرف وبلغة من نوع معين ترتكز على كيمياء خاصة، ينتقل إلى قطع من نص مكتوب بأبجدية من عشرين حرفاً، قائم على كيمياء مختلفة كلياً. والقاعدة التى تضبط الانتقال من لغة إلى أخرى تدعى الشفرة الوراثة. وهنا يجب التحذير. فغالباً ما تؤكد الصحف "سوف ن فك الشفرة الوراثة لهذه العضوية أو لتلك الأخرى". لكن هذا خطأ، لأن الشفرة الوراثة هى مثل الشفرة التى يستعملها الأولاد فى رسائلهم السرية، أى هى قاعدة لنقل نص إلى نص آخر. وليس هذا برنامج لبناء العضويات، أو البرنامج الوراثة. وهذه الشفرة الوراثة عامة بالنسبة للجميع، ومتشابهة من الجراثيم إلى الإنسان، مما يعنى أننا يمكننا أخذ قطع من الذاكرة، من برنامج آت من الانسان مثلاً، ووضعه ضمن جرثوم لنجعله ينتج بروتينات بشرية. وهذا الترميز، أو قاعدة التراسل بين مستوى وآخر، هو ما يدعى فى الجاسوسية الشيفرة أو cipher بالإنجليزية.

إن النقل من مستوى لآخر بواسطة شفرة له صفة خاصة: فعندما يمكننا نقل نص ما من لغة معينة إلى لغة أخرى، وتكون هذه اللغة الثانية على رأس أدوات مشكّلة manipulateurs، فهذه الأدوات يمكنها طبعاً التلاعب بالنص الأولى. وهذا يخلق حلقة خاصة تسمح، بواسطة النص ذاته، أن نحدد ماذا سيعطى. النص يمكن أن يعود إلى ذاته ليتمكن من توليد ذريته. كما يمكنه أيضاً، كما تفعل برامج الحاسوب، أن يحدد أنواعاً معينة من إعادة التشكيل فى بيئات متنوعة. وهذا الوضع حيث لدينا مستويان يتراسلان بواسطة شفرة له نتيجة خاصة: إن منظومة من هذا

النوع يمكن أن تكون محددة تمامًا سلفًا، أو حتمية، ومع ذلك لا يمكن التكهّن بها. وهذا مثير للدهشة لأننا ما زلنا نحتفظ بصورة الساعات من القرن ١٨ ، حيث بمعرفة الحالة البدئية للمنظومة يمكننا أن نعرف أين سيكون العقرب بعد فترة معينة إذا كنا نعرف الآلية التي تسير عليها. لكن العضويات الحية هي منظومات مادية، التي بمواجهة مستقبل لا يمكن توقعه، مبنية لتبنى غير المتوقع. وهذا شيء أساسي، وهذا يتظاهر دون أن نحتاج للتخلي عن الحتمية: ونحن لسنا بحاجة إلى الخيال حتى يحصل ما هو غير متوقع، أو أن تكون هذه المنظومة حساسة للشروط البدئية أو لأمر من هذا القبيل. وفي الواقع فإن مجرد الفكرة بوجود ذاكرة، والقدرة على إعادة التركيب، ووجود شفرة فيما بينهما، يسمح بوجود مثل هذه الخواص المثيرة.

أول وظيفة حيوية هي التي ندعوها التتسخ *réplication*، وتطبق قانون التكامل: لكل حرف من الحروف الأربعة في النص الأول، يوجد أربعة أحرف من النص الثاني تتوافق معها. وهذه قاعدة لنسخ نص، دون الاهتمام بالدلالة أو بالمعنى الذي يتم نسخه: أي أننا نستطيع أن نصنع أية قطعة من الدنا، أو أن نضيف دنا صناعي، فيتم نسخه كما هو دون تغيير.

والوظيفة الثانية، التي تتوافق مع الشفرة الوراثية، تمر عبر مرحلتين: إعادة نسخ أولى لنص مكتوب بأبجدية من أربعة أحرف، إلى أبجدية أخرى من أربعة أحرف أيضا لكن مختلفة بعض الشيء. ثم الانتقال إلى أبجدية البروتينات من عشرين حرفاً. وهنا يحصل التغيير، الذي يسمح انطلاقاً من نص البرنامج بصناعة أدوات تعيد التركيب، وتكون قادرة على إعادة تركيب البرنامج ذاته.

وفي مثل هذه الحالات، مع مجموعة القواعد هذه، أي أربع آليات وقانونين، بما في ذلك قانون الشفرة الوراثية، كيف سيمكن للعضويات الحية أن تحيا، أن تكون وأن تتطور؟ يوجد في الواقع في علم الأحياء مفهوم مركزي مرتبط بفكرة العلاقة بين الأشياء، هو مفهوم الوظيفة، ولا نجده إلا قليلاً أو لا نجده مطلقاً في الفيزياء والكيمياء. عندما نتكلم عن شيء بيولوجي، فإننا نتساءل مباشرة عن وظيفته. هذا

الشيء موجود، وسيقوم بفعل ما، ذو توجه معين مع شكل هدف نهائي أو غائية معينة. أى أن كل العضويات الحية، والمواد التابعة للحى، موضوعة ضمن سياق يوجد فيه، من ضمن الآليات الخاصة لتعبيراتها وأفعالها، توجه نحو ما يشبه الهدف.

قد نفكر أن هناك رؤية من خارج الحياة تفرض عليها توجهًا وهدفًا معينين، وأن العضويات الحية هي نظم مادية موجهة من الخارج نحو غائية معينة. وهذا ما عبرت عنه الكثير من الأفكار الدينية، مثلاً، ضمن منطق داخلي يمكن فهمه تمامًا. لكن هذا ليس ضروريًا؛ وفي الواقع، فإن الطريقة التي تتصرف فيها العضويات الحية لتوجد لنفسها أهدافًا وتقتنص المواد التي ستسمح بالقيام بالوظائف المحققة لهذه الأهداف، هي طريقة خاصة جدًا. ولخصها فرنسوا جاكوب تحت اسم "تركيبات بدائية" *bricolage*. وهي القدرة على الانتهازية، والاستفادة من كل ما هو متاح، وهذا ما يسمح للعضويات الحية بالتطور بشكل منهجي، باكتشاف وظائف جديدة انطلاقًا من ما تملك (بما أنها عاجزة عن خلق شيء من ما لا تملك). وما هو خاص بالحياة، هو قدرتها، انطلاقًا من أى شيء على خلق وظائف جديدة.

ويمكن استعمال الاستعارة التالية لتوضيح الاكتشافات الحديثة والمدهشة عن وظائف العضويات الحية. نحن فى الصيف. وأنا جالس أمام مكتبى. وطاولتى تغطيها الأوراق. النافذة مفتوحة خلفى وأنا أقرأ فى كتاب، فجأة، هب الهواء. ستكون كارثة بالنسبة لى لو طارت الأوراق واختلطت. لذا آخذ كتابى وأضعه على الأوراق. فى هذه الحالة اكتشف هذا الكتاب لنفسه وظيفة جديدة، غير الوظيفة التى كانت له وأنا أقرأه: لقد أصبح، لأنه متوازى مستطيلات ثقيل الوزن، أداة لتثقيل الأوراق. وبالطريقة ذاتها، يتم النقاط بنى الأشياء الحيوية بشكل منهجي عبر الزمن. ويعنى هذا أيضا، أننى لو اكتشفت الكتاب وقلت: "هذا كتاب"، قد أكون مخطئًا، لأنه فى هذا السياق الخاص، هذا ليس كتابًا وإنما ثقالة أوراق. يكثر الحديث حاليًا عن برامج فك رموز قطع من الجينومات *de génomes*

séquençage. كأن يقال لكم مثلاً، إننا سنحصل على قطع من نص جينومي، وسنحدد وظيفتها: "يتوافق ذلك مع تلك المتتالية séquence" وسنقول لكم ما هي وظيفتها. إن هذا خطأ، سببه الوهم بأن معرفة مجموعة من الأشياء كاف لمعرفة علم الأحياء.

وفي الحقيقة، تتطور العضويات الحية حسب الطريقة التالية. إنها نظم مادية، ولأننا موجودون في حرارة سطح الأرض، تكون معرضة لضغوط حرارية: وبسبب هذه الضغوط، لا يمكن لأي آلية فيزيائية - كيميائية أن تتكرر وبشكل مطابق تمامًا لما كانت عليه الحال سابقًا. يوجد إذا تغييرات أثناء التسخين. وعندما تنتج العضويات الحية عضويات حية جديدة مشابهة لها، فإن هذه العضويات الجديدة ليست مطابقة تمامًا للعضوية الأصل. كما أنها معرضة لبيئات ستقوم باختيار بعض هذه المتحولات. هذا هو الاصطفاء. لكن هذا الاصطفاء هو فرز منفعل وليس آلية فاعلة. أي أن هذا ليس اصطفاء للأجود، كما كان يقول سبنسر Spencer، لأنه لا يوجد أصلح. ولا يعرف أحد من سيكون الأصلح. لأنه في ظرف معين، وفي لحظة خاصة يمكن لعضوية معينة أن تبقى على قيد الحياة، وأن هذا البقاء هو الذي يسمح باختيارها. أي أننا أمام فرز منفعل، قائم على إلغاء العاجز تمامًا.

والنقطة الثانية الأساسية لدى العضويات الحية هي القدرة على التضخيم amplification. فإذا، خلال تجربة في الكيمياء أو حتى الفيزياء الذرية، حصلت بعض الأذيات في مكان ما، فإن الأضرار تتوقف وتنتشر خلال الزمن متناقصة باستمرار. لكن إذا ارتكبت خطأ ذاته مع العضويات الحية، فإنها قادرة على التضخيم، والتكاثر، وفي بعض الأحيان زيادة المشاكل التي طرحتها بشدة. وهذا ما يفسر القلق العفوي للجمهور تجاه العضويات المعدلة وراثيًا. لكن هذا موضوع يمكن التوسع فيه: فالطبيعي أخطر دائمًا من الصناعي، لأنه مكيف مسبقًا. وتظهر الأحداث المرتبطة بالدم الملوث أن الدم مكيف مسبقًا بالنسبة للإنسان، وبالتالي ضمنيًا خطر جدا.



ولنعد الآن إلى تكوين الوظائف. إن دراسة شفافية البلورة العين cristallin تسمح لنا بفهم كيف تتكون الوظائف. فالبلورة تسمح - وإن كان مع بعض الصعوبة اعتباراً من سن الخمسين - بالمطابقة والحصول على صورة عن محيطنا على الشبكية. ويفترض ذلك وجود مجموعة خلوية، البلورة المكونة من طبقات من الخلايا المكسدة مثل قشور البصل، التي تتراكم على مر السنين. ولهذا السبب تزداد سماكة البلورة وتزداد صعوبة تقلصها عندما نشيخ. وتمتاز هذه الخلايا بكونها شفافة. وعندما بدأنا بدراسة البروتينات، أو هذه الأشياء القادرة على إعادة التركيب كما ذكرنا سابقاً، داخل البلورة، اكتشفنا أن بعضاً منها مركزة بشدة وبالتالي يسهل تنقيتها، والتعرف عليها. دعيت هذه البروتينات البلورين cristallines وتمت دراسة صفاتها الفيزيائية والكيميائية، وتبين أن لها ناقلية الزجاج: أي أنها غير مرتبة بشكل كاف بحيث لا تفضل اتجاهًا معينًا للضوء. أي أنها تتصرف تمامًا كالزجاج.

ثم أتت البرامج التي تسمح بتقطيع الجينة إلى متتاليات séquençage. وبدأت بكتابة متتاليات المورثة إفرادياً قبل الانتقال إلى متتاليات المجموعات المورثة التي تشكل الجينوم. وبدأ بفحص إحدى بروتينات البلورين عن كثب وتبين أنها معروفة سابقاً، وأنها تشبه تماماً شيئاً في غير مكانه هنا، أنزيمًا مثلاً، هو اللاكتات ديهيدروجيناز (نازعة الهيدروجين اللبنة) وله نشاط استقلابي خاص. وعندما وضع مع ركيزة العملية الاستقلابية المذكورة، ظهر أنه أنزيم لكنه لا يعمل في العين بوظيفته كأنزيم، بل بوظيفته: "أنا شفاف عندما أكون مركزاً". وتم اكتشاف بروتينات أخرى حول بروتينات البلورين، وهي "المرافقات الجزيئية" chaperons moléculaires. وهي بروتينات تلعب دور الهيكل، أي تسمح بإعادة شكل الأشياء التي تفككت، أو فقدت شكلها. ودعيت بالمرافقات، لأنها ترافق البروتينات التي كانت تتم تنقيتها، إذ كانت دائماً تشاركها. وتمتاز هذه المرافقات الجزيئية بخاصية السماح بإعادة شكل البروتينات التي تغيرت طبيعتها، مما يعطيها أهمية خاصة بالنسبة للعين. ومع تقدم العمر، يمكن أن نصاب جميعاً بالساد. فنفقد العين شفافية،

لأن بروتينات البلورين، مع مرور الزمن تفقد وتغير طبيعتها، ولا تقوم المرافقات الجزيئية بوظيفتها بشكل جيد لإعادة طبيعتها. لكن إذا فكرنا بذلك، فإنه الإنسان خلال حياته يتعرض للإشعاعات التي تصل إلى العين، ويتلقى كميات هائلة من الأشعة فوق البنفسجية التي تغير باستمرار من طبيعة بروتينات البلورة: ومن دون هذه المرافقات كان الساد سيظهر بشكل أبكر بكثير. كما عثر على عناصر أخرى كثيرة غير هذه البروتينات والجزيئات المرافقة. وفي مجال آخر مختلف تمامًا، اكتشف باحثون أن الخلايا عندما تتعرض لصدمة حرارية، وهذا وارد جدًا، فإن معظم البروتينات ترتكس بشكل سيئ. وهناك مجموعة خاصة من البروتينات تقوم بوظيفة العلاج في مثل هذه الحالة الصعبة. فخلال التطور اخترعت البلورات وظيفة أولى، باقتناص وظيفة مجموعة من البروتينات، وهي بروتينات مقاومة الصدمات (الصدمة الحرارية وصدمة الحموض، في عدد كبير من الحالات). وتضم هذه المجموعة عددًا من البروتينات، هي ذاتها الموجودة في البلورة، وطبعًا أيضًا الجزيئات المرافقة. في خلية جلدية مثلاً، نجد هذه البروتينات أيضًا. وإذا احترق جلدكم، فسوف تأخذ دورها، لأنه لدينا نظام مراقبة سيقدر فوراً: يجب تركيب هذه البروتينات، ثم إيقاف التركيب. لكن في البلورة فإن فقدان نظام المراقبة يجعلها تشكيلية constitutif أي أنها تعمل باستمرار. وبالتالي فإن فقدان نظام المراقبة، أدى إلى امتلاء الخلية بمجموعة معينة من البروتينات. بشكل عام لا قيمة لذلك. لكن بالنسبة للبلورة، فإن أي عضو موجود فوق مجموعة من الخلايا الحساسة كما هي الشبكية يكون له أهمية كبرى. ونرى هكذا كيف عبر مراحل التطور، تم اصطفاء واقتناص (كما هي قصة ثقاله الورق) نوع معين من الوظائف. لكن يمكن للشفافية أن يكون لها وظائف أخرى. غالبًا تؤكل السمكة الصغيرة من قبل السمكة الأكبر. لكن إذا وقعت بالصدفة، بعض الحوادث الوراثية، وأدت إلى أن بعض هذه الخلايا، من ضمن مجموعة عددها وافر أصبحت قادرة على إنتاج هذه البروتينات بشكل مستمر، فستصبح السمكة شفافة عدا هيكلها العظمي. وإننا نجد هنا النموذج ذاته من القنص لوظيفة موجودة سابقاً، لكن من أجل تطبيقات مختلفة تمامًا، ألا وهي هنا التموية.

مثال أخير يسمح بإعادة النظر فى الصورة الآلية التى لدينا عن الحياة  
عموماً وعن الإنسان بشكل خاص.

يقلق الكثيرون، ولديهم الحق فى ذلك، من الاستعمالات التى يمكن أن تنجم  
عن برنامج فك شيفرة الجينوم البشرى. وبشكل خاص، فإنه من الواضح أن  
التعرف على الميزات الوراثية يسمح بوضع خارطة لمجموعة من الخواص العامة  
للأفراد، ويسمح بتصنيفهم. ويمكن تدجين الإنسان كما أمكن ذلك مع الحيوانات.  
ويمكن أن نقلق إذن، لكن لحسن الحظ بطريقة خاصة لأن هذا الاحتمال غير  
منطقي. لأن مجرد الفكرة القائلة أن معرفة الجينوم تؤدي إلى التنبؤ بمصير  
الأفراد، تقتضى أن هناك علاقة ميكانيكية بين طبيعة الجينوم وطبيعة الفرد. لكن  
الآلية التى تجعل من الوظائف تقتصر بنى معينة، هى آلية لا يمكن توقعها، بسبب  
بنائها الخاص. والحالة الطارئة التى سيوضع فيها فرد ما، والتى ستجعل ذرية هذا  
الفرد تبقى على قيد الحياة لأنها وجدت حلاً لهذه الحالة، هى أيضاً غير قابلة  
للتوقع. إن اصطفاء الوظائف الجديدة، أى بمعنى آخر إيجادها واختيارها بأن واحد،  
هى قضية من المستحيل التنبؤ بها سلفاً.

وفكرة العرق الصافى بحد ذاتها لا معنى لها أيضاً. قد تطرأ فكرة صناعة  
أشخاص عدوانيين جداً: إذ يمكننا صناعة كلاب شديدة العدوانية، كبيرة، وصغيرة،  
أومشعرة، إن هذا لا يطرح مشكلة. لكن تقرير ماذا تصنع إنسانية الإنسان، وماذا  
تصنع، بشكل خاص، قدراته الإبداعية أو كيف سيكون إنساناً أفضل، إنساناً مثاليًا،  
هو شيء لا منطقي لأنه بنويًا مستحيل. وهذا مثال يوضح هذه اللامعقولية.

عندما ظهرت الحياة، منذ ثلاث مليارات و ٨٠٠ مليون سنة تقريبًا، كانت  
الأرض شاسعة وتشغلها أعداد قليلة من العضويات الحية. وكان لدى العضويات  
الأولى المكان الكثير للتكاثر. ولم يكن مطلوبًا منها أن تأخذ الآخرين بعين  
الاعتبار. وكان هدف العضويات الحية هو الهدف ذاته لدى أى نظام فيزيائى: شغل  
أكبر قدر ممكن من المكان والحالة، أى احتلال كل شيء، بواسطة الوسائل التى

كانت متوفرة لها. والطريقة السريعة لتحقيق ذلك، كانت صنع نسخة من الذات، أى التكاثر. لكن ذلك لم يستمر إلا فترة محددة، لأنه فجأة أصبح من الضروري أخذ الآخر بعين الاعتبار. والطريقة المتوحشة والعادية، والفعالة بالدرجة الأولى فى هذه الحالة تكون بالقضاء على هذا الآخر، بأكله وبأخذ مكانه. فكانت الوظيفة الأولى التى يجب خلقها هى مسبار sonde أو لاقط يقول: "هذا الآخر يشبهنى أو لا يشبهنى". الوظيفة الثانية: هى استخدام هذا اللاقط لقتل الآخر والقضاء عليه. ويجب أن يكون هذا اللاقط متضمناً لمحطات، تتحكم بتركيب عدد من المواد السامة التى سيتم إطلاقها فى المحيط بحيث يتم تدمير الآخر الذى سيتم أكله لاحقاً. وهذه المواد هى الصادات الحيوية، التى اخترعتها الجراثيم منذ زمن باكر جداً. وهى متنوعة جداً. لكن الجرثوم الذى ينتج صادات حيوية يشكو من بعض المشاكل، لأنه عليه أن لا يقتل ذاته أيضاً. وبالتالي عليه خلق جهاز مناعى ضد أسلحته الخاصة. وهذا الجهاز موجود، وواسع الانتشار فى الطبيعة. إذن هذه هى المجموعة الأولى من الوظائف: لواقط، شلال من المنظّمات، مفرزات، ومناعة. ثم شيئاً فشيئاً، عند أخذ الآخر بعين الاعتبار، نشأ التعاون، التطفل، وعلاقات توازن بمواجهة المفترسين، أى إمكانيات متنوعة. لكن إحدى هذه الإمكانيات تم اختراعها لاحقاً، تقريباً منذ حوالى مليار سنة - وكانت بالاتحاد- وخلق العضويات متعددة الخلايا. وهنا تم خلق وظائف جديدة. فإن خلق عضوية عديدة الخلايا يسبب ضغوطاً خاصة فى البيئة، يجب إدارتها. وهنا نحتاج إلى رأس، وإلى ذنب، ويوجد مشاكل ناجمة عن التناظر، ومجموعة من القضايا الجديدة يجب حلّها والتي من أجلها يجب اختراع وظائف جديدة.

وهكذا رويداً رويداً، تم خلق عضويات تزداد تعقيداً، حتى الحشرات أو حتى الإنسان. وفى حال الحشرات مثلاً، تم التساؤل مؤخراً حول الطريقة التى تستعملها لمقاومة الجراثيم. هل لديها جهاز دفاعي؟ وتم حقن الحشرات بالجراثيم؛ وعندما نحقن فطراً فى نبابة الفواكه (الدروزوفيل) يحصل شلال من النموذج الذى تم وصفه: هناك لاقط يتعرف على الفطر، وينتج الصاد الحيوى، الذى سمي بشكل

مناسب الدروزومايسين. ومن جهة أخرى من خلال تحاليل الجينات والجينوم، أصبح من الممكن التعرف على الجينات بسهولة: وبالتالي، عندما يكون لدينا منتج، أو شلال من الحداثيات من هذا النوع، فيمكن تحديد الجينات الموافقة لها، ومعرفة ما هي، وأين هو موقعها على الصبغيات وتحديد مجمل الآليات المشاركة. وإذا بنا نكتشف، أن شلال المقاومة هذا معروف لدينا سابقاً. وتم اكتشافه في مكان آخر، في سياق مختلف في حينه، وبوظيفة مختلفة أيضاً. هذا الشلال يوظف مؤقتاً بشكل عابر خلال تمايز جنين يرقة الذبابة لتحديد المحور الظهرى - البطنى، أى موقع الظهر بالنسبة لموقع البطن. وهذا الشلال، هذه الآلية المغرقة في القدم، لصناعة الصادات الحيوية، تم اقتناصها من قبل العضويات عديدة الخلايا لتحديد شكل الفرد! وإذا أردنا التعميم: لدينا أجهزة مناعية؛ وإذا كنا ما زلنا على قيد الحياة اليوم، فذلك ليس بفضل ذكائنا، لكن بكل بساطة. لأن أجدادنا قاوموا الطاعون والكوليرا والحصبة. لدينا مجموعة كبيرة من النظم المناعية الوظيفية. ويمكن أن نتصور اليوم أن مواجهة مرض جديد سيحدد ذريتنا المستقبلية! وهذا تماماً ما يمنع كل تفكير بالصفاء العرقى.

بعض العناصر أيضاً سترينا كيف يتم بناء العضويات الحية. إن ترتيب الجينات على الصبغيات، أو الجينوم ليس محض صدفة، ولكنه مرتبط مباشرة بهندسة الخلية، أى أن هناك رابط بين شكل البرنامج وشكل الخلية. وهذا شيء معروف منذ بعض الوقت عند العضويات عديدة الخلايا. عند الحشرات مثلاً، نلاحظ أن الجينات التى تتحكم بالعناصر المختلفة للجسم مرتبة تماماً حسب الترتيب ذاته، من الرأس إلى الذنب. وإذا أخذنا مثلاً إحدى الجينات ونقلناها إلى مكان آخر، فإننا سنحرك أيضاً الأعضاء الموافقة. أى يمكننا صناعة ذبابات نضع فيها ساقاً عوضاً عن المستشعرات، فقط عندما نحرك بكل بساطة إحدى هذه الجينات. يوجد إذن برنامج على شكل وحدات، ويقول على التتابع كيف يجب أن تتم الأمور. وإذا قارنتم الحشرات، أو نحن، بالصدفيات فإنكم سترون أن العصب المركزى فى الظهر يمر على البطن أو بالعكس. فلدينا يوجد عمود فقرى فى الظهر وكل الباقي

موجود فى البطن. ونلاحظ أن المخطط ذاته موجود عند الصدفيات، لكن هناك جينتين معكوستين، وهذا ما يعكس المستوى ظهر - بطن عند حيوان مثل سرطان البحر مقارنة مع الذبابة ... أو الإنسان.

والاكتشاف الأخير، الذى يجعل من الذبابة إحدى نماذج الإنسان، هو أنه عند بعض الحيوانات، وخاصة عند الثدييات، فالمخطط هو بذاته الذى عند ذبابة الدروزوفيل، تمامًا حسب الترتيب ذاته تمامًا، لكن بناء الإنسان يتم ضبطه رباعى: أى عوضًا عن أن يكون لدينا نص واحد يتم عزفه مرة واحدة، فإنه لدينا أربعة نصوص متزامنة، وبجانب بعضها، تحدد قطعنا، لأننا مكونون من قطع. ويكفى أن ننظر إلى الفقرات والأضلاع حتى نتأكد من ذلك. إذن نحن مكونون من قطع، لكن هذا لا يبدو جليًا، لأنه كما هى الحال فى الرباعى، يتم توزيع النص الموسيقى. فلدينا فقرات ستتشوه، وتصبح رأسًا مثلاً. لكن نجد من جديد، هذه الفكرة القائلة بوجود مخطط وتنظيم عام.

باختصار يمكن اعتبار أن العضويات الحية مبنية انطلاقًا من برنامج، وأن هذا البرنامج مرتبط بالهندسة العامة للعضويات. لكن يجب أن لا ننسى أبدًا أن هذا البرنامج ممتاز، بنيويًا، أنه بالرغم من حتميته بالمطلق، يبقى قادرًا على خلق اللامتوقع بشكل منهجى.





## أصول ومكانة الإنسان في التطور: الرابط الصبغي<sup>(٥)</sup>

بقلم: برتراند دوتريلو

Bertrand DUTRILLAUX

ترجمة: د. سامر اللانقاني

تشارك البشرية في ٩٩% من المجموعة الصبغية، أى أن لها النموذج النووي ذاته. ويمكن اعتبار التغيرات التى تمس ١% من البشر كتعديلات حديثة العهد، ودون مستقبل لها، لأنها مرتبطة بحالات مرضية أو صعوبات بالإنجاب. وتنطبق استنتاجات مشابهة على عدد كبير من الأجناس خاصة الغوريلا والشمبانزى القريبة منا. يمتلك كل نوع تقريباً صيغة صبغية caryotype خاصة به، لكن هذا لا يعنى مطلقاً أن الصبغيات كلها تختلف من جنس إلى آخر. فالإنسان يشترك مع الشمبانزى بـ ١٢ صبغياً، ومع الغوريلا بـ ١٠ صبغيات، ١٢ مع الاورانغ-أوتانغ، خمسة مع قرد الماكاك، واثنان مع قرد الكابوسان، ولا يشترك بشيء مع الليمورات *lémurs* والثدييات غير الرئيسة. ومع ذلك، عندما نحلل البنى الصبغية مستعملين أدق الوسائل المتاحة، فيمكن أن نظهر أن معظم الثروة الصبغية يحتفظ بها بين الإنسان، الأرنب، السنجاب، الثور والقطعة،... إلخ. الاختلاف هو فى تنظيم هذه البنى. وهذا يبرهن أن لنا جميعاً أسلافاً مشتركة، وغير متباعدة كثيراً فيما بينها على سلم التطور. وعن مقارنة البنى الصبغية، إما بالطرق التى تظهر أشرطة، أو بدراسة نسخ الدنا، فإنه من الممكن اليوم إعادة تركيب الصيغة الصبغية بشكل دقيق تماماً للجد الأول لكل الثدييات المشيمية، أو المسماء صحيحة

---

(٥) نهى المحاضرة رقم ٥ التى أقيمت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٥ يناير ٢٠٠٠.

الرحم euthériens. وبالتالي فإن صبغيات هذا الحيوان الذى عاش منذ حوالى مائة مليون سنة، معروفة أفضل بكثير من أى صفة من صفاته الأخرى.

يمكن تحقيق إعادة ترتيب الحدثيات الصبغية مما يسمح برسم شجرة التطور. ولقد بدئ برسم التطور السلالى الصبغى بشكل تدريجى منذ السبعينيات، ولم يأت ما يدحضه حتى الآن. وسمح ذلك من جهة أخرى بتقويم بعض التفسيرات المقدّمة. ما هى إذن المعلومات التى يمكن أن نحصل منها ؟

فى زمن أول، سنرى كيف أن التقدم التقنى فى علم الوراثة الخلوى ودراسة الصبغيات، سمحت انطلاقاً من معلومة محددة، والتى كانت ما زالت منذ سنوات متواضعة نسبياً، سمحت بالوصول فى النهاية إلى معطيات كثيرة ليس فقط عن الجينات لكن عن حاملها أيضاً. وبعد عرض لكيف يمكن أن نراقب البنى الصبغية، سنستعملها بالتدرج لمقارنة صبغياتنا مع تلك التابعة لأجناس أخرى. وتمثل النموذج النووى، أو ما يدعى الصيغة الصبغية (ص ص)، مجموعة صبغيات جنس ما. ثم سنعيد تركيب الصيغ الصبغية لأسلاف أجناس سبقتنا قبل حوالى خمسة ملايين، عشرة ملايين، ثلاثين مليوناً، خمسين مليوناً أو حتى مائة مليون سنة من التطور. وعندما ننتهى من تركيب صبغيات أسلافنا الأوائل، سنسير بالاتجاه المعاكس لنفهم كيف تمايزت الصبغيات، وكيف نحدد مكان الجنس البشرى بين الأوليات. ثم سنقارب نتائج هذا التطور من الناحية الإمراضية.

لنبدأ بتذكير حول مرتبة الأوليات. تضم الأوليات القروود والبشر وما قبل القروود. يمثل ما قبل القروود الليموريا فى مدغشقر، وهى أكثر من ثلاثين نوعاً، وهناك أنواع أخرى من ما قبل القروود تعيش فى إفريقيا وآسيا، أى ما مجموعه حوالى ستين نوعاً. أما القروود والبشر فينضمون تحت "تحت رتبتين": قروود العالم الجديد أو plathyrhiniens وهى حوالى ستين نوعاً، والـ catharhiniens وهى حوالى سبعين نوعاً. تضم إذن مجموعة الأوليات حوالى مائتى نوع.

والبحث الذى أجرى على الصبغيات قام على مقارنة الصيغ الصبغية، أى صبغيات، حوالى مائة من أنواع الأوليات أى تقريباً نصف الأنواع الحية. وبعض المجموعات التى تملك الصبغيات ذاتها، لم تتم دراستها بشكل منهجى. وهذه الدراسة التى تناولت الصبغيات وتطور الأوليات، هى اليوم الأكثر تفصيلاً التى تم تطويرها على علم تطور سلالة الإنسان، وكل الأجناس الأكثر أو الأقل قرباً منه.

إن الجينوم البشرى (المجين)، أى مجموعة صفاتنا الوراثية، محمول على الدنا، الذى يضم حوالى مليار من النوويد (النوكليوتيد) nucléotides أو وحدات الشفرة الوراثية. ويبلغ عدد جيناتنا حوالى مائة ألف. ويملك الإنسان ٤٦ صبغياً أى ٢٣ زوجاً. ويحصل كل فرد على صبغى لكل زوج من والده ومن والدته. ويتألف كل صبغى من جزئ واحد من الدنا. وبالتالي فإن صبغياً متوسطاً سيضم من ثلاثة آلاف إلى أربعة آلاف جينة. والبنى التى يمكن إظهارها على الصبغيات، أى الأشرطة، تضم وسطياً حوالى مائة من هذه الجينات. وبالتالي فإننا سنتابع تطور الحامل المادى للجينات وليس الجينات بحد ذاتها.

لنبدأ بالنواحي التقنية. إن المائة ألف جينة بشرية محتواة داخل نواة كل خلية. وعندما تنقسم الخلايا، فإننا نلاحظ ظهور الصبغيات على مستوى النواة. وكان يجب الانتظار حتى عام ١٩٥٦ لنتمكن من تعداد الـ ٤٦ صبغياً الموجودة لدى الإنسان. ومن أجل ذلك تم اللجوء إلى زراعة الخلايا. فى نهاية الخمسينيات، تم إنجاز طريقة نشر الصبغيات على صفيحة زجاجية، مما يسمح بتحليلها، بعد أن يتم نفخ الخلية بالصدمة ناقصة الحلولية.

والتقنيات المستعملة فى الستينيات كانت تقوم على أخذ صور، يتم تقطيع الصبغيات فيها ليتم تصنيفها من جديد اعتماداً على حجمها. وفى مرحلة تالية نجح الباحثون فى إظهار الأشرطة على الصبغيات. سمحت هذه الأشرطة بجمع الصبغيات على شكل أزواج، لأنها متطابقة مع الصبغيين المشكلين لزوج واحد. وسمح تحسين هذه الطرق بتفحص مجموعة من ألف بنية صبغية، تم الحفاظ عليها

خلال تطور الثدييات. وسنتابع تغيرات مواقع هذه البنى، أكان ذلك من صبغى لآخر، أو ضمن الصبغى ذاته. وسمحت تقنيات أخرى تعتمد التألق fluorescence بإظهار جينة معينة على صبغى. وفى هذه الحالة، يتم استعمال جزءًا صغيرًا من الدنا كمسبار جزيئى، ويتم تطعيمه على الصبغى. وبالتالي، عند مقارنة صبغيات جنس مع جنس آخر، سيكون ممكنًا أن نبحث إذا كانت الجينات موجودة حيث هى متوقعة بالنسبة للبنية الصبغية. ومن الممكن أيضا أن نستعمل ليس الجينة كمسبار جزيئى، إنما صبغى آخر. إذ بعد تهجينه فى موضعه in situ، يصبح الصبغى بكامله مشعًا.

لقد تم الحفاظ على المادة الوراثية خلال التطور، بشكل يمكننا من استعمال مسبار صبغى بشرى معين، وتهجينه على خلية كائن من جنس مختلف، وبالتالي معرفة مباشرة لما إذا كان هذا الصبغى يتطابق مع الصبغى البشرى المدروس. وكمثال على ذلك فإن الصبغى ٣ البشرى تم استعماله كمسبار لتهجينه على خلية قرد الماكاك. يتم تلوين صبغى واحد فقط، أى أن كل مكونات الصبغى البشرى ٣ موجودة على صبغى واحد فقط لدى الماكاك، وكل مكونات هذا الصبغى، كانت موجودة عند أسلافنا الأوائل المشتركة مع الماكاك قبل ٣٠ مليون سنة.

والتحسين الآخر على التقنيات، سمح فى الوقت ذاته بدراسة الأشرطة وبتحقيق التهجين فى موضعه. لنعد إلى التمييز بالأشرطة الصبغية. إن مقارنة نصف صيغة صبغية للإنسان مع نصف صيغة صبغية للشمبانزى، تسمح بملاحظة أن بعض الصبغيات متشابهة تمامًا وبعضها مختلف قليلاً. وتعود هذه الاختلافات إلى آليات كسر وإعادة التحام أو تعديلات صبغية. وسبب الانعكاس يعود إلى كسر صبغى فى نقطتين وإلى دوران المجموع الذى سيتم التحامه من جديد. والانعكاس حول المركز يحصل حول مركز الصبغى centromère الذى يلعب تقريبًا دور المجرى فى الصبغى. ويدعى الانعكاس بجانب المركزى، عندما تحصل الانكسارات فى الجهة ذاتها من مركز الصبغى. أما عملية النقل من مكان إلى آخر، فتحصل

عندما يعلق جزء من صبغى على صبغى من زوج آخر. ونجد هذه الأشكال من التعديلات remaniements خلال مراحل التطور. تبقى المادة الوراثية بشكل عام موجودة، لكن البنى الصبغية سوف يتم تبادلها، أو تعديلها ضمن الصبغى الواحد.

يوجد هكذا حوالى دزينة من التعديلات، التى ستفصل صبغيات الإنسان عن صبغيات الشمبانزى. ويمكن الحصول على نتائج مماثلة عندما نقارن الصيغة الصبغية للأورانغ أوتانغ مع تلك للشمبانزى، الغوريلا أو الإنسان. أى أنه حسب تعابير التعديلات الصبغية، فنحن على مسافة متساوية من كل من الغوريلا، والأورانغ أوتانغ، والشمبانزى. كما أن هذه الحيوانات على مسافة متساوية عن بعضها البعض.

وتؤدى بنا هذه المقارنات إلى إعادة تركيب صيغة صبغية لأسلافنا حسب مبدأ التقدير. فإذا كان لدى جنسين أو ثلاثة أو أربعة، الصبغى ذاته، فإننا نعتبر أن جدّهم المشترك كان لديه الصبغى نفسه. وهذه هى أبسط نظرية. وكمثال على ذلك فإن الصبغى ٦ مشترك بين الأورانغ أوتانغ، الغوريلا، والشمبانزى والإنسان. إذن الجد المشترك لهذه الحيوانات ولنا أيضا كان يمتلك هذا الصبغى. وعاش آخر جد مشترك للشمبانزى والغوريلا والإنسان قبل خمس إلى عشر ملايين سنة. أما الأورانغ أوتانغ فقد انفصل قبل ذلك. ونستطيع إعادة تركيب الصيغة الصبغية للجد المشترك للإنسان والماكاك بواسطة الأشرطة والمسابر الصبغية. مما يفتح أمامنا مجال مقارنة كل أفراد فرع القروود طويلة الذنب cercopithecines، ويشمل حوالى ستين نوعًا إفريقيًا وآسيويًا وهذا ما فعلناه.

لقد درسنا حوالى ثلاثين نوعًا من قروود العالم الجديد plathyrrhiniens، وأعدنا إنشاء النقاط المشتركة لرسم الصيغة الصبغية للجد المشترك. وهى الصيغة الصبغية لحيوان عاش قبل حوالى خمسين مليون سنة.

وإذا أردنا أن نعرف إذا كان هذا الإنشاء وإعادة التركيب صحيحًا، فإنه من المثير للاهتمام مقارنة الصيغة الصبغية المعاد تركيبها بالنسبة لمجموعة معينة مع



تلك العائدة لمجموعة أخرى. وإذا كان هناك أخطاء، فإن الصيغ الصبغية ستكون مختلفة جداً، وعلى العكس من ذلك فإنه إذا كانت الأشكال الناتجة صحيحة، فإن الصيغ الصبغية للأجداد ستكون متشابهة. إن الصبغيات العائدة لنصف الصيغة الصبغية الافتراضية للجد الأول المشترك لقروود *plathyrhiniens* ولما قبل القرد *microcebus murinus* تتشابه. ومن هنا الفكرة القائلة أن صبغيات متماثلة كانت موجودة لدى جد القروود وما قبل القروود.

وأجريت الأبحاث نفسها عند الحيوانات اللاحمة، وقادت إلى صيغة صبغية سلفية مشتركة. وأظهرت المقارنة مع الخشماوات *plathyrhiniens* (قروود العالم الجديد ذات الأنوف المستعرضة) نقاط تشابه واختلاف، يمكن تفسيرها بالانعكاسات وتغيير المواقع.

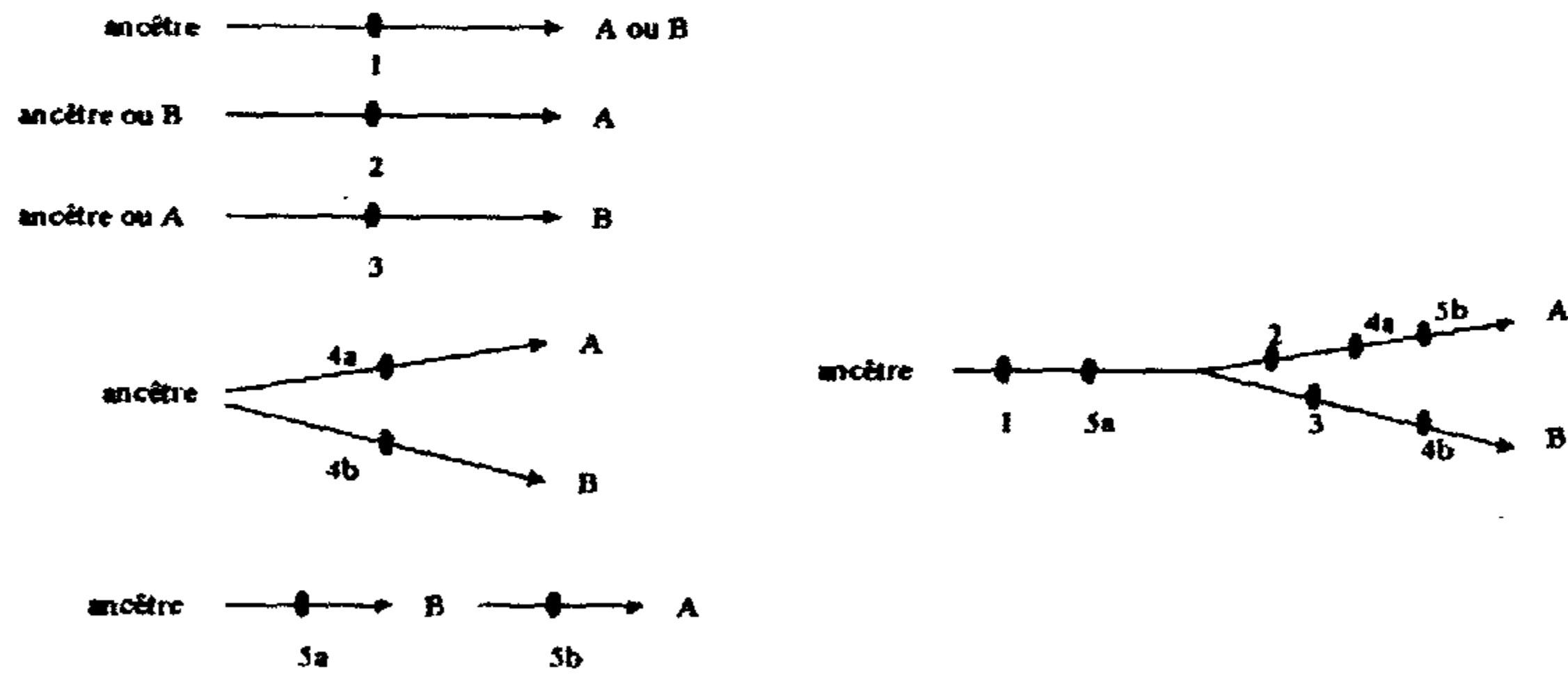
ومقارنة صبغيات عديمات الأسنان، لجد اللواحم، ولجد الخشميات، وجد ما قبل القروود، والقوارض، أظهرت أنه يوجد الكثير من القطع الصبغية المشتركة، لكن أيضاً بعض الاختلافات. وسمح هذا بإعادة تركيب الصيغة الصبغية للجد المشترك لكافة الثدييات المشيمية، والذي كان يعيش قبل حوالي مائة مليون سنة.

تسمح المقارنات بين الصيغ الصبغية، والصيغ الصبغية السلفية، بإعادة تركيب تطور الأنسال في الأجناس، ويستند إعادة هذا التطور الصبغى على التحويلات في مواقع البنى الصبغية أو الشرائط.

وكل صبغى هو مثل سبحة تطورت قليلاً لحسابها الخاص. وبمقارنة تطور كل منها، علينا أن نعثر على نموذج وحيد في التطور.

ويمكن تفسير المبدأ انطلاقاً من مثال، حيث خمسة تغييرات صبغية تجعل التمييز ممكناً بين الصيغة الصبغية لنوعين مع جدهما المشترك (شكل ١). الصبغى الأول هو ذاته عند النوع أ والنوع ب. لكن يختلف عن صبغى السلف، المفترض أنه معروف. الصبغى ٢ تم تغييره عند النوع أ لكن ليس عند النوع ب. أما الصبغى ٣ فهو مغير عند النوع ب وليس عند النوع أ. الصبغى ٤ تم تغييره فى

آن واحد فى النوع أ و ب لكن بشكل مختلف. وأخيرًا فإن الصبغى ٥ تم تغييره لكن بشكل مختلف فى آن واحد عند النوع أ والنوع ب، لكن التغيير فى ب هو وسيط بين السلف والنوع أ.



الشكل (١)

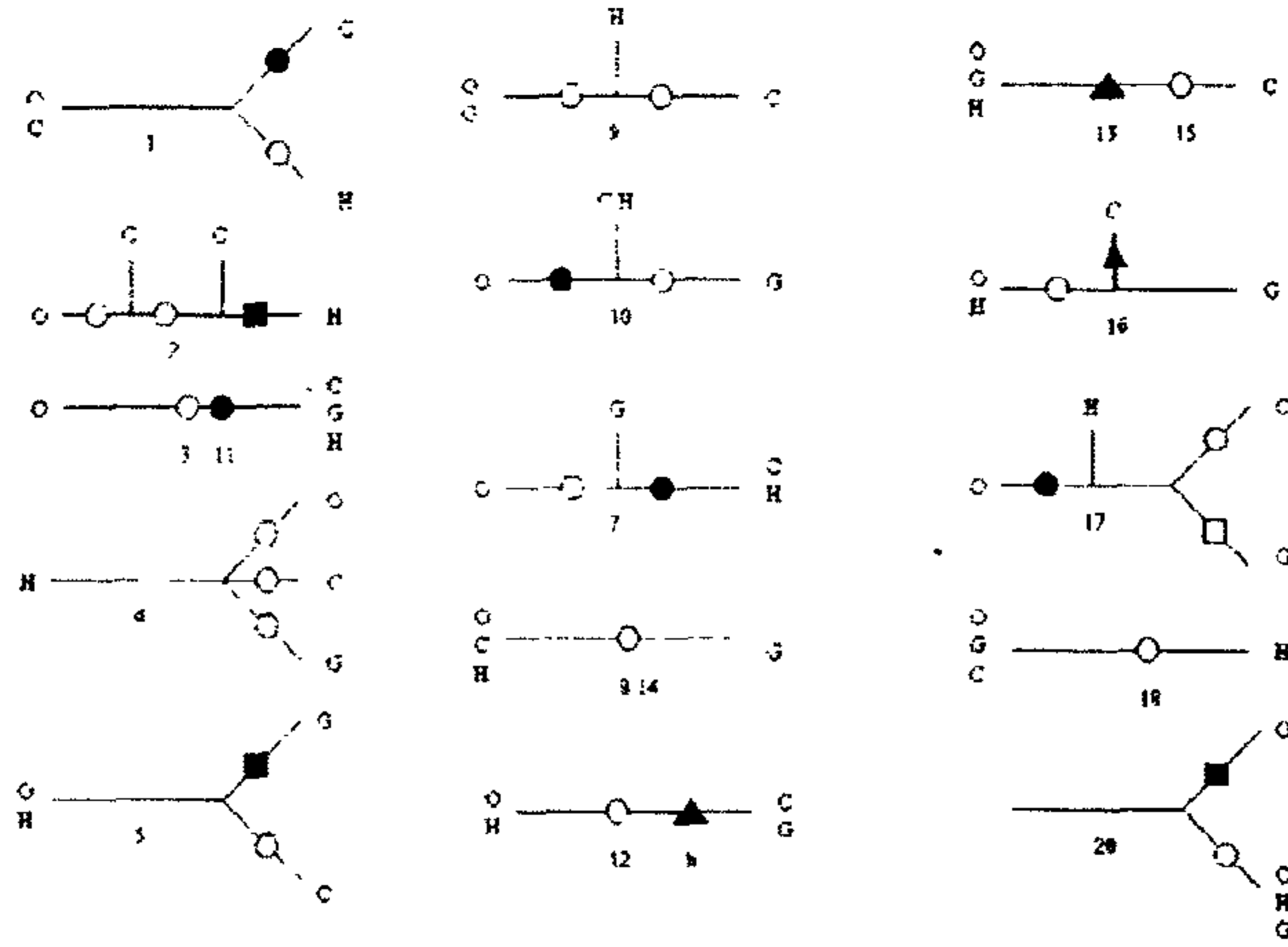
إعادة تطور الأنسال. يجب الأخذ بعين الاعتبار كل إعادة تركيب صبغى. ويعتبر كل صبغى كوحدة طافرة. وشجرة الأنسال الناتجة يجب أن تكون محققة للمعلومات المكتسبة بالنسبة لكل صبغى.

وإذا نقلنا كل هذه المعلومات على الشكل، نلاحظ أن تغييرات الصبغى ١ هى بالضرورة على جذع مشترك مع تلك العائدة لـ ٥ أ. أما تلك التى للصبغى ٢ فهى على فرع أ، وللصبغى ٣ على فرع ب وهلم جرا. وهكذا يمكن رسم شكل وحيد للتطور.

تضم الصيغ الصبغية للأوليات من ٢٠ إلى ٧٢ صبغيًا. وهناك العشرات من الأنواع. ومن بين الصعوبات التى ظهرت أن التطور لا يسير حسب نموذج الانقسام الثنائى. إن الانقسام الثنائى، أو الانقسام البسيط هو رؤية فكرية. وفى الحقيقة لا تجرى الأمور هكذا. لا يظهر نوع ما فجأة اعتبارًا من نوع آخر. وغالبًا يتم إعادة تركيب يشترك فيه نوعان متقاربان، يتبعه إعادة تركيب جديد مع أحد

النوعين السابقين ثم من نوع ثالث وهكذا ... إن التفرع ليس بسيطاً، ويجب تخيل نظام آخر، الذى هو التطور على شكل شبكة. ماذا يحدث عندما نسقط ذلك على الإنسان، الشمبانزى، الغوريلا والأورانغ أوتانغ؟

إن مقارنة عمليات إعادة التركيب الصبغى بين كل من الإنسان، والشمبانزى، والغوريلا، والأورانغ أوتانغ، تقود إلى نموذج لصبغى يختلف دائماً عن الصبغى الذى سبقه. وكل صبغى تطور لحسابه الخاص، كما هى الجينات (شكل ٢). ويجب أن ندمج الأشكال السابقة الثلاثة فى شكل واحد (شكل ٣).



الشكل (٢)

عمليات إعادة التركيب لمجموعة الصبغيات البشرية من رقم ١ إلى

رقم ٢٠، خلال تطور القرديات وأشباه البشر.

O = أورانغ أوتان    G = غوريلا    C = شمبانزى    H = إنسان.

- دائرة بيضاء : انعكاس قرب المركز.

- دائرة سوداء: إعادة تركيب داخل الصبغى.

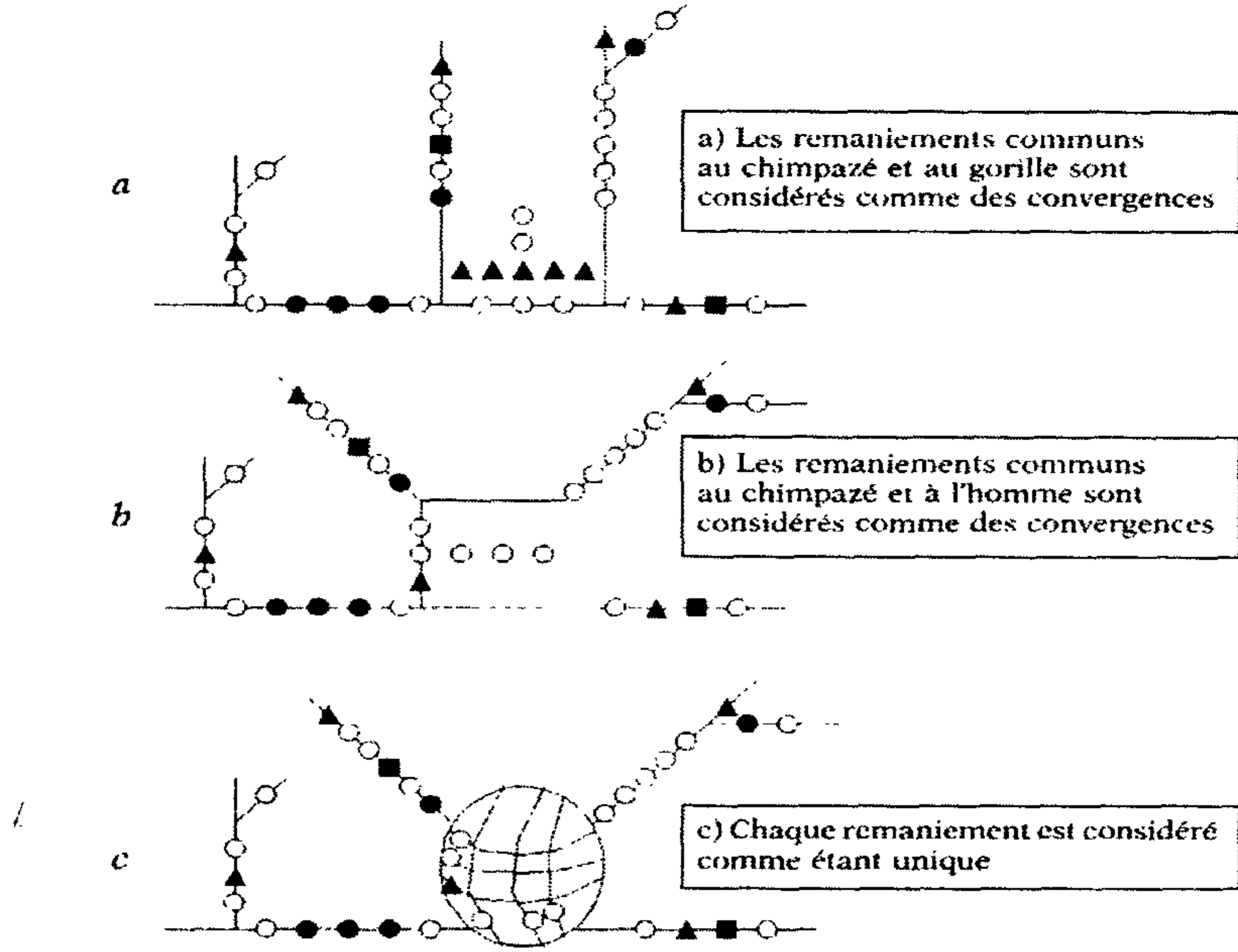
- مثلث أسود: اضافة كروماتين مختلف.

- مربع أسود: تغيير موقع.

إن قوة علم الوراثة الخلوية تكمن في أنه يأخذ بعين الاعتبار كامل الجينوم (المجين)، ومجموع الصبغيات، وأنه يتوجب عليه تقديم أشكال تتماشى مع كل الملاحظات المستقاة. قد يشكل ذلك صعوبة في التحليل، لكنه يقدم كسبًا كبيرًا لنوعية النتيجة النهائية. ومع ذلك فإن هذا التطور ليس بالبساطة التي كنا نتمناها. وتظهر مقارنة الإنسان، ولنوعين من الشمبانزى، والغوريلا، والأورانغ أوتانغ، أن هناك ثلاث عمليات من إعادة التركيب مشتركة بين الشمبانزى والإنسان، وبالتالي فإن الشمبانزى هو النوع الأقرب للإنسان. ومع ذلك فهناك ثلاث عمليات أخرى من إعادة التركيب مشتركة بين الغوريلا والشمبانزى. وللمحافظة على فكرة تطور بالانقسام البسيط، يجب أن نتخيل أنه حصل انحراف، وأنه بالصدفة، في هذه المنطقة من شجرة التطور، حصلت ثلاث عمليات إعادة تركيب في فرعين مختلفين (شكل ٣ أ). ومن الأكيد أن هذا التفسير غير مرضٍ تمامًا. أما التفسير الآخر (شكل ٣ ب) فهو تمامًا عكس الأول، لكن هو أيضًا غير مرضٍ كثيرًا. إن ما سيكون مرضيًا هو الوصول إلى شكل حيث لا يحصل إعادة تركيب إلا مرة واحدة (شكل ٣ ج) مع فروع خاصة بكل نوع. أى أن التطور يحصل ضمن مجموعة سكانية، ويتم بالتدرج تحديد موقع الشواذات الصبغية داخل هذه المجموعة. تظهر طفرة في داخل مجموعة سكانية، وسوف تنتشر مثل الموجة الناجمة من نقطة تسقط في الماء. وتظهر طفرة أخرى في مكان آخر من هذه المجموعة وتنتشر بالطريقة ذاتها. وهكذا سوف تخلق في هذه المجموعة أشكال هجينة، تملك طفرتين وعمليتين من إعادة التركيب. وهكذا نرى أن التطور لا يسير بنقطة واحدة. ولا يوجد هناك شيء سحري يسمح لنوع معين بالتشكل اعتبارًا من نوع آخر خلال جيل واحد.

وفي المخطط العام (شكل ٤) تمثل الـ cercopithecines نموذجًا للتطور الشبكي. وحتى يمكن لظاهرة تشكل نوع معين أن تحصل، يجب أن يكون هناك أشكال هجينة، بما أن الأشكال الصبغية موزعة في مختلف فروع التطور. ويمكن التأكد من هذه النظرية على الأرض، لأن بعض القردة طويلة الذنب cercopithecines التي تعيش على الأشجار، تعيش ضمن مجموعات متعددة الأنواع. واستطاع بعض المراقبين ملاحظة ثلاثة أنواع مختلفة تكون موجودة سويًا

خلال النهار. والشكل الظاهري للذكر المسيطر هو شكل هجين. وتتغذى هذه الأنواع ضمن مجموعات وتقضى النهار سوياً، لكن في الليل تذهب الحيوانات التي من نوع واحد إلى شجرة واحدة. وكل صباح يتم تجميع الكل من قبل الذكر المسيطر.



### الشكل (٣)

مخططات تركيبية للصبغيات من القرديات إلى الإنسان.

أ- عمليات إعادة التركيب المشتركة بين الشمبانزى والغوريلا يمكن اعتبارها انحرافاً.

ب- عمليات إعادة التركيب المشتركة بين الشمبانزى والإنسان يمكن اعتبارها انحرافاً

ج- كل عملية يمكن اعتبارها وحيدة.

وكان جدنا ذات الرحم الحقيقي euthérien يملك حوالى ستين صبغياً. ونقول حوالى لأن التقريب من العدد الإجمالى يتعلق ببعض الصبغيات المجهرية التى لم

يتم تحديدها بدقة حتى الآن. وتم نقل هذه الصبغيات على حالها إلى الرتب الناشئة للثدييات. ولهذا فإنه من المستحيل اقتراح علاقة بين الرتب، لأنه حتى الآن لم نستطع التعرف على تغييرات مشتركة بين رتبتين أو أكثر.

وتقود هذه الملاحظات إلى الاستنتاجات التالية:

- في الأصل كانت هناك مجموعة سكانية من الثدييات مع قدرات تطورية كامنة، كما هي حال الخلية في أصل الفرد التي تكون حاملة لقدرات كامنة متعددة وقادرة على إعطاء ذرية تزداد تخصصاً لتشكيل النسيج والأعضاء المكونة لهذا الفرد.
  - انطلاقاً من هذه المجموعة السكانية، ظهرت تشعبات شجرية، وكان كل جذع ناشئ مرتبط بالقاعدة.
  - وكان كل ظهور، في أصل رتب الثدييات الناشئة، يحدث دون انقلابات كبيرة في الصبغيات.
- وهذا الاستنتاج الأخير لا يؤيد بعض النظريات التي تتخيل منشأ عاصفاً للثدييات الخاضعة لشروط فائقة من الطقس والإشعاعات.
- في هذه المرحلة وصلنا إلى حوالي مائة مليون سنة من تشكل الإنسان. والجذع التطوري الذي يربطنا بجذورنا يظهر عادياً جداً مثل الذي يربط بقية أفراد رتبة الثدييات. هذا الجذع مشترك بالنسبة لكل الأوليات، وسيطراً عليه القليل من التغييرات الصبغية قبل حصول الانشقاق الأول الذي ستخلق منه مجموعتان:
- أشباه القروود (أو ما قبل القروود) الممثلين بشكل أساسي من قبل الليمور في مدغشقر وتاكسون taxons آخرين في إفريقيا وماليزيا. وهذه تفرق عنا بشكل نهائي.
  - القروود الحقيقية.



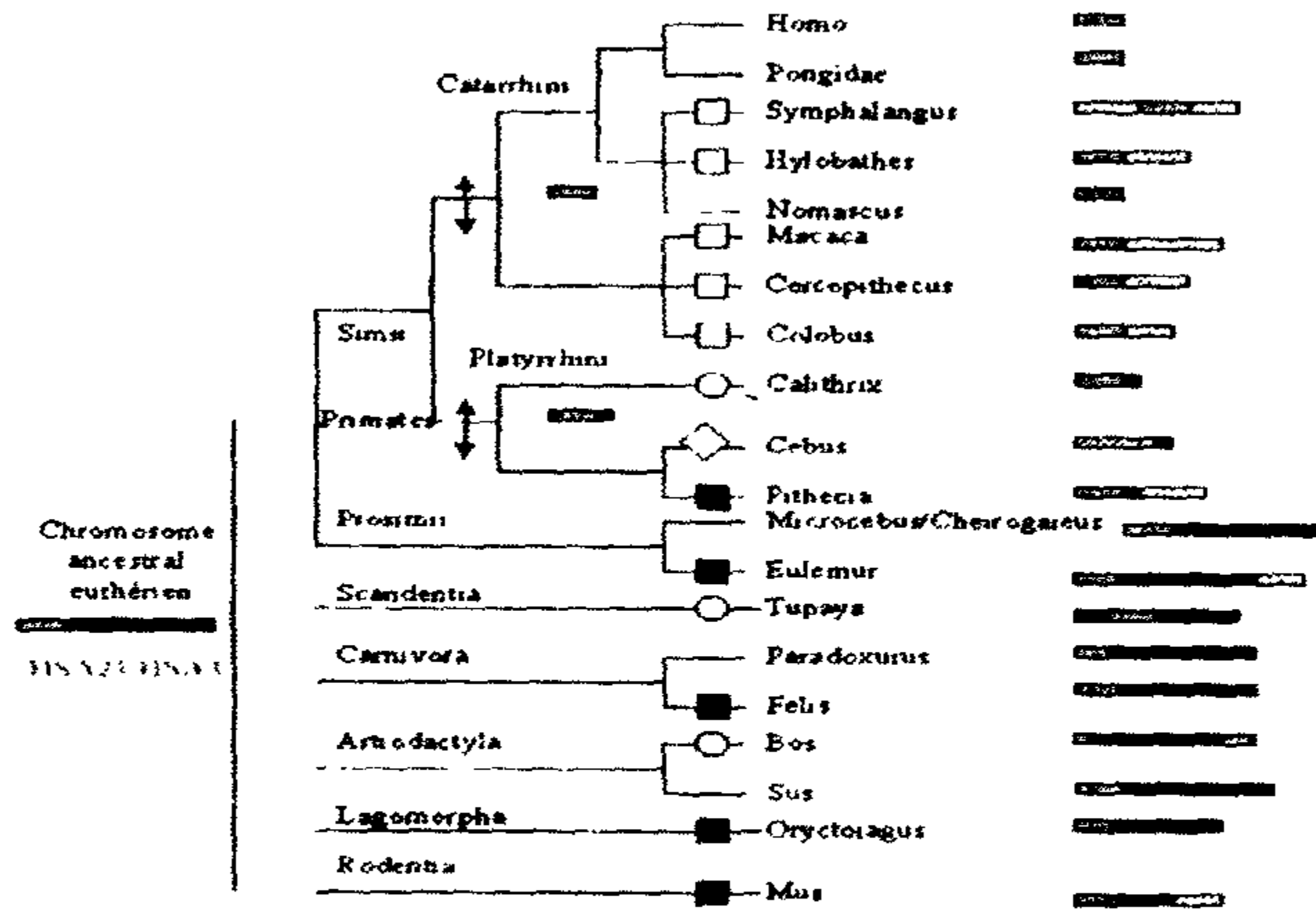
ومن جديد تشكل جذع مشترك بالنسبة لكل القروود. وتحدث فيه القليل من التغييرات الصبغية، قبل أن يتم تفرع كبير ثان، سيفصل قروود العالم الجديد ذات الأنف المعترض عن قروود العالم القديم أو أصحاب الأنف النازل الذين ترتبط بهم. ومن جديد سيفصل قروود العالم الجديد عنا نهائياً. عندها بدأ يظهر قبل حوالي خمسين مليون سنة جذع مشترك لكل القروود أصحاب الأنف النازل تتراكم فيه العديد من التغييرات الصبغية. ويوحى ذلك أن فترة طويلة انقضت تشكل خلالها الكثير من الأنواع، وعلى المدى البعيد لم ينتج إلا أسلافنا ذرية لهم. وكان من المتوقع أن العديد من المستحاثات ستكون معالم لهذه المرحلة لكن الواقع يختلف. إذن هناك تفسير آخر ممكن، كحصول مرحلة من عدم الاستقرار الشديد، حصلت خلالها تغيرات صبغية متعددة، دون ارتباط مباشر بظاهرة تشكل نوع ما. لكن هناك حدث مهم حصل في حوالي ٣٠ مليون سنة ألا وهو انفصال بين أسلاف الـ *cercopithecoïdes* وأشباه الإنسان، ومن جديد كان على العديد من عمليات إعادة التركيب الصبغى أن تتم للوصول إلى مرحلة الأسلاف الأخيرين لكل من المجموعتين. سوف يتشكل أكثر من ستين نوعاً عن السيركوبيتكوييد وحوالي عشرة عند أشباه الإنسان وعند هؤلاء الأخيرين سيفصل أول الأمر الجيبون *gibbons* ثم الأورانغ أوتانغ. وهناك أخيراً جذع مشترك سيقودنا إلى الأسلاف التى نتقاسمها مع الشمبانزى (يوجد نوعان منها) والغوريلا. وبالتالي فنحن على المستوى التطورى أقرب إلى الشمبانزى والغوريلا أكثر من قرب هذه الأخيرة من الأورانغ أوتانغ.

أجدادنا كانوا إذن قروود أولية *Pongidae* ، وخضعوا للضغوطات ذاتها التى خضع لها القروود الكبيرة حالياً، أو على الأقل حتى تاريخ حديث. ومع ذلك فالإنسان يتكاثر بينما القروود الكبيرة تنقرض. طبعاً يتحمل الإنسان مسئولية فى هذا الاندثار، وهذا مدعاة للأسف. لكن لا يمكن أن نحمله كامل المسئولية، لأن مناطق توزع هذه الحيوانات كانت دائماً محدودة وكثافتها غالباً ضعيفة.

لدى هذه الحيوانات قدرة ضعيفة على التكاثر، والسبب هو حجمها الكبير المرتبط بفترة طويلة قبل النضج. وكما هى حالنا فإن *Pongidae* لا يصل للبلوغ قبل سن ١٣ ولا يلد أكثر من طفل واحد. وترضع الأنثى خلال ٣ سنوات، مما

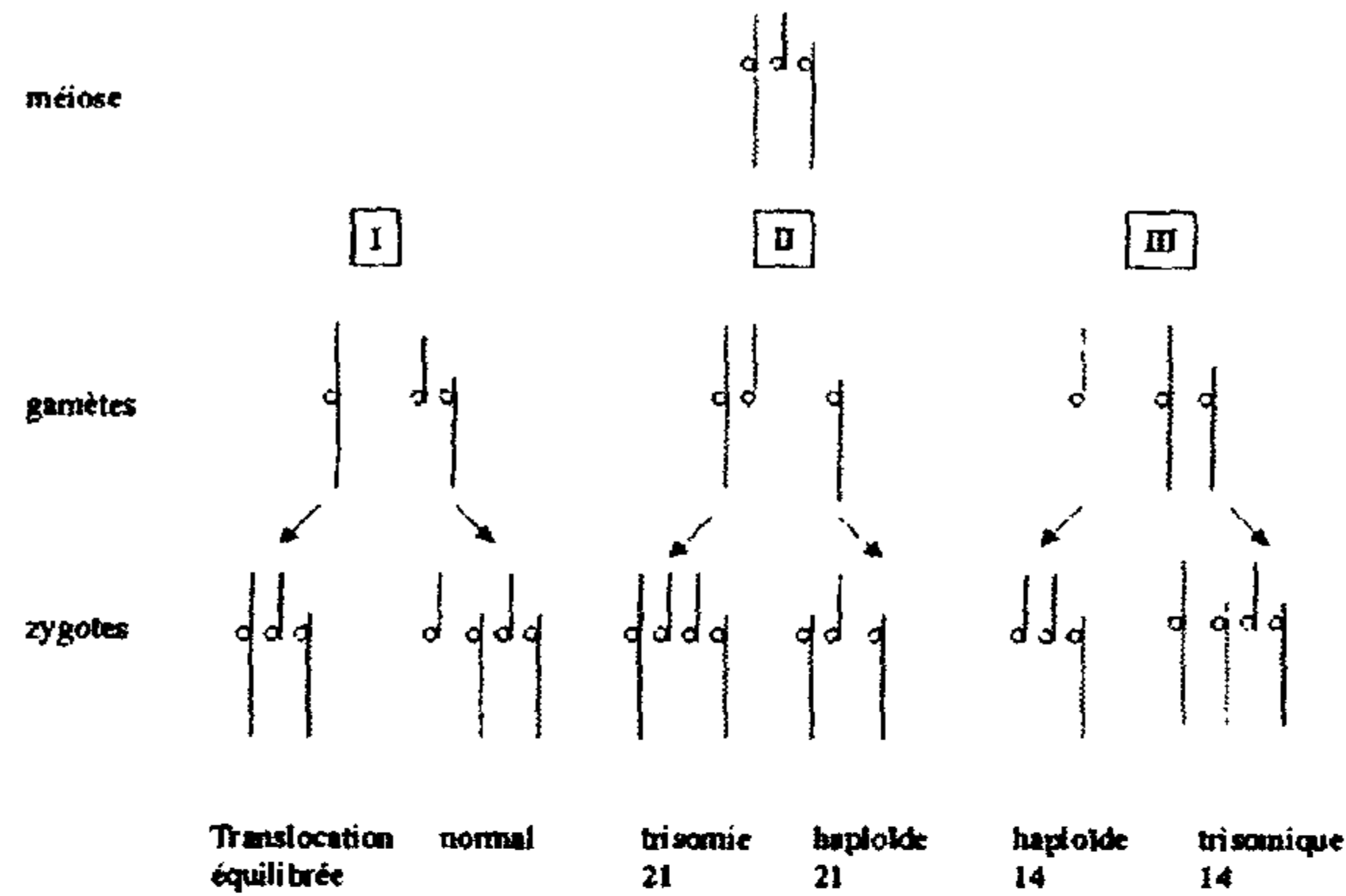
يؤدي لعقمها خلال تلك الفترة. أى أن الفترة بين حملين هي ٥ سنوات وسطياً. وفي الطبيعة فإن معدل الحياة لا يتجاوز ٢٥ سنة، مما لا يترك الوقت الكافي إلا لثلاثة حمل لكل أنثى. وبالتالي فإن أسلافنا من الـ Pongidae قد عاشوا على شكل جماعات صغيرة، مما يفسر صعوبة العثور على مستحاثات تكون معالم لتاريخ أجدادنا البعيدين. إن الانفجار السكاني البشري حديث جداً على سلم التطور، ويمكن توضيحه بتنظيمنا الاجتماعي. لكننا ما زلنا ندفع بعض الضرائب لتطورنا الصبغي. وأهمها تثليث الصبغي ٢١ أو المنغولية، لكن ليس كما تم تفسيرها سابقاً بأنها نكوص إلى المرحلة القرنية. إذ أن هذه الإصابة تعود إلى نقل سيئ للصبغي ٢١، الذي هو أصغر صبغياتنا. لقد تشكل هذا الصبغي منذ ٣٠ إلى ٥٠ مليون سنة، وأعاد اتحاده مع صبغيات أخرى عند كل الـ cercopithecoïdes وكل الجيبون عدا واحد، لكن ليس لدى الـ Pongidae أو لدى الإنسان. تعتبر هذه الشراكة، أو نقل الموقع، لتشكيل صبغي كبير، بما في ذلك تثليث الصبغي، لا تتوافق مع الحياة، لذا أدت هذه الآلية إلى التخلص من كل حاملي تثليث الصبغي ٢١ (الشكل ٤).

وقبل أن تتضاعف عملية نقل المواقع هذه في نسختين (الحالة متوافقة الأمشاج) كما هي الحال بالنسبة لكل الصبغيات، فيجب أن تكون موجودة قبل ذلك في نسخة واحدة (حالة متخالفة الأمشاج). ويؤدي ذلك إلى حالة شديدة الخطورة بالنسبة للتشوهات الصبغية (الشكل ٥) كما نلاحظ الآن لدى السيدات الحاملات لمثل تناقل الموقع هذا. والحالة متخالفة الأمشاج هذه تنقص بشكل واضح الذرية، لذا يتم التخلص منها ولا تسمح بالانتقال إلى الشكل متوافق الأمشاج إذا كانت الخصوبة منخفضة. وبالتالي فإن زيادة الحجم بالاشتراك مع بلوغ متأخر والتباعد بين الحمل تعتبر عوامل مسئولة عن خصوبة متدنية وغالباً على الحفاظ على الصبغي ٢١ وعلى تثليثه. وهذه الحالة تصيب ١ من أصل ٧٠٠، ولا تمثل عاملاً اصطفاً على مستوى سلم التطور. وعلى العكس من ذلك، فهي تمثل إصابة مرضية مخيفة، لم يتعلم مجتمعنا بعد كيف يسيطر عليها. وتثلث الصبغي ٢١ ليس إلا مثلاً من بين عدد من الإصابات نجد جذورها في أصل صبغياتنا.



شكل (٤)

مخطط تبسيطي لتطور الصبغي المكافئ للصبغي ٢١ البشري (المستطيل الرمادي) وهذا الصبغي حر فقط عند الإنسان (أي غير مرتبط بصبغي آخر). الـ Pongidae هم نوع ضمن الجيئون.



شكل (٥)

عمليات انفصال مختلفة أثناء الانقسام الخلوي مع تبادل مواقع بين ١٤ و ٢١. النساء الحاملات لديهم عامل خطورة أكثر من ١٠/١ لإنجاب طفل مصاب بتثلث ٢١، أما عند الرجال الحاملين فعامل الخطورة هو حوالي ٥٠/١.

الباب الثانى

تنوع الحياة،

التطور وما قبل التاريخ



## التنوع الحيوى<sup>(١)</sup>

بقلم: جان-كلود مونولو

Jean-Claude MOUNOLOU

ترجمة: د. سامر اللانقاني

لا يشكل التنوع الحيوى موضوعاً لاختصاص علمى بكل معنى الكلمة، لكنه تقاطع بين الاختصاصات العلمية، العلوم الحيوية، العلوم الفيزيائية - الكيميائية بالنسبة للبيئة، والعلوم الإنسانية والاجتماعية.

ساحة التقاطع هذه نحن جميعاً واثقون من وجودها. التنوع الحيوى هو تنوع العالم الذى يحيا من حولنا: الأشجار التى تأثرت من العاصفة والتى قاومتها، وهو أيضاً الأسماك التى ستجد نفسها سجيناً فى البرك عندما تتراجع مياه الفيضان، هو أيضاً الجراثيم، والحمات، والبريونات أيضاً.

وللتنوع الحيوى وظائف عدة. قبل كل شىء وبالنسبة لكل واحد منا يعتبر مصدراً من المصادر فى الحياة اليومية. فنحن نحتاج للطعام والكساء والتدفئة. هذه المصادر قابلة للتجدد ولكنها عرضة أن تتضب، لكنها مصدر تعلم الإنسان كيف يجدده ويغنيه. ومما لا شك فيه أن ذلك يمثل حقلاً لنشاط وفائدة المجتمع، وفى هذا الحقل يجد البحث مواضيع تتناسب مع أهمية مهمته، حيث تصبح المحافظة الصادرة عن مشروع مجتمعى قادرة على إيجاد وسائل وأمكنة لعملها، وحيث الإدارة ستسعى لتطويع هذه المصادر الحيوية ليستعملها الإنسان كما يشتهى. والتنوع الحيوى أخيراً، هو صورتنا وصورة الكائنات الحية الأخرى فى رؤية أخلاقية، مرتبطة بالحقوق والتربية.

---

(١) نص المحاضرة رقم ٦ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٦ يناير ٢٠٠٠.

والتنوع الحيوى كما نعيشه نحن هنا فى باريس، كرجال ونساء من الدول الغنية والنامية، نعيشه كشعار للطبيعة فى جمال وتنوع منظرها. وعندما نشعر أنفسنا عاطفياً وباطنياً مرتبطين بالتنوع الحيوى، فإننا نبدأ بالتفكير بذلك. لكن على العكس من ذلك، فإن ربة بيت فى بلد استوائى فقير، عندما تفكر بالتنوع الحيوى فهى تفكر بأمور أقل غنى بكثير، وقد تكون بذات التنوع الحيوى، وهى التى ستسعملها لتحضير غذاء عائلتها: بعض الحبات الصغيرة من الفليفلة الصفراء والخضراء والحمراء من أنواع مختلفة، البطيخ وأشكال مختلفة من الفستق. هذا هو التنوع الحيوى. وهو التنوع الذى نعيش معه. وإذا كان جزء كبير من البشر يهتم بالتنوع الحيوى، فهذا بكل بساطة لأنهم بحاجة له حتى نحيا.

لكن من وجهة نظر أكثر علمية، فإن ما أجده عندما أقرأ كتباً كتبها مختصون يصيبني بالدوار: دوار الزمن ودوار الأرقام.

وإذا تكلمنا عن الأنواع، فى إحصائيات منهجية التسعينيات، فقد تم تصنيف مليون وستمائة ألف نوع، لكن المجموع المقدر هو حوالى عشرة أو مائة ضعف. دوار أمام المجهول.

وهنا يأتى من يشرح لى دون أن يوضح ما هو التدجين، وأن فقط بالكاد بضعة آلاف من هذه الأنواع هى بشكل مباشر أو غير مباشر تحت رعاية الإنسان. وماذا عن الباقي؟ هل هو ثروة أم عبء؟ هل يجب أن نذهب بحثاً عن أنواع أخرى مع أننا نستعمل جزءاً بسيطاً فقط من التى نعرفها؟

ويزداد الدوار عندما أتكلم بتعابير التجدد. علماء العصور القديمة، والعلماء الحيويون المهتمون بالتطور يعلموننا أن العمر النصفى الوسطى لنوع ما على سطح الأرض هو حوالى مليون سنة. مقارنة مع الثلاثة مليارات سنة وأكثر قليلاً التى كانت فيها الحياة موجودة على الأرض. وهذا يعنى أن أنواعاً عديدة مرت على المواقع التى نعيش عليها! كم عدد الذين ولدوا؟ كم عدد الذين اختفوا؟ الأرقام كبيرة جداً ولا أعرف كيف أحسبها.



وإذا اهتممت الآن بالأفراد، فإنكم ستجدون أن العمر الوسطى للفرد هو بشكل عام أقل من سنة. طبعًا هناك العضويات المجهرية التى تعيش عشرات الدقائق أو بضع ساعات أو النباتات السنوية، وبعضها الآخر يعيش سنتين والآخر يعمر عقودًا. ونحن من ضمن الأنواع التى تعيش نسبيًا طويلًا، والأشجار أكثر منّا. وطبعًا شعرتم أيضًا بآثار العاصفة فى هذه الرؤية. والكتب ذاتها تخبرنا أن كل الأفراد مختلفين وراثيًا. طبعًا كل منّا يعتبر ذاته جزءًا لا يتجزأ من نوع معين، لكنه يعرف أيضًا أنه مختلف عن جاره، مختلف عن أبيه وعن أمه. وأن أولاده يشبهونه دون أن يكونوا مماثلين له. لهذا لدى دوار الأرقام، ولهذا أيضًا لدى دوار الزمن.

إنّ الأمور واضحة: إن هذا التنوع الحيوى يتحرك دائمًا وهذا ما أدعوه "نظام فى طور التكوّن".

لماذا نعيش إنن مرحلة من التوتر ومن القلق بالنسبة لهذا التنوع الحيوى؟ لأن زمن هذا التنوع الحيوى - وكان يجب أن أقول "أزمة" أى كل التى استعرضتها حتى الآن - هذه الأزمنة مختلفة بشكل واضح عن نظم وزمن الحياة الاقتصادية الراهنة. نحن نعيش حسب نظم أسرع بكثير من نظم التنوع الحيوى، ونحن نسرّع الأمور. هل نترك له الوقت الكافى ليتجدد، وأن يكون دائمًا تحت تصرف الإنسان؟ وأنا هكذا آخذ موقفًا إيديولوجيًا: واضعًا الإنسان فى الوسط أو أضعه جانبًا، أضع الإنسان فوق أو ربما أسفل، هذا يتوقف على ما تفكرون به. هل يحق لى فعل ذلك؟

وسنصاب بدوار أيضًا فى الفضاء، لأن هذا التنوع الحيوى ليس موزعًا بطريقة متجانسة. فنباتات الجبال مختلفة عن تلك التى فى السهول. ونباتات الساحة الصغيرة أمام قاعة المحاضرات هنا ليست مثل التى ستصادفونها على ساحل المتوسط، وخاصة أن الإنسان وضع الأسمت وزرع الغرنوقى فى كل مكان. ومع ذلك ما هى إلا أوساط حية ذات بنى جيدة ومنظمة بشكل جيد. وعلماء الحياة

يستطيعون وصفها وتحليلها ومتابعة عملها. ويقول البيولوجيون لنا أن أماكن التنوع الحيوى هذه فسيفساء متغيرة يمكن أن تبدل شكلها. وهذا ما رأيناه مع العاصفة. لقد فكرنا أن هذا شيء رهيب، وطبعًا كانت العاصفة كذلك بالنسبة للإنسان وربما أيضا بالنسبة للنباتات - وإن كانت لم تقل لنا ذلك - لكننا نعرف أن فى منطقة أخرى من الأرض الوطنية، فى جزيرة ريئينيون، فإن هذه العواصف ضرورية ولا غنى عنها للحفاظ على تنوع حيوى حركى على الجزيرة. فعندما يمر الإعصار يقطع الأشجار كما فعلت العاصفة فى المنطقة هنا أو فى الشارنت Charente. ومن بعد هذه الأشجار تأتى أنواع نباتية رائدة لتستقر وتحيا وتعطى بذورًا، وتعطى ذرية عديدة، ثم يتم استبدالها بغيرها، لتستقر بدورها. ويمكن أن نقول عن السابقة إنها تختفى. أما عالم النبات اليقظ فسيبحث عنها بكثير من العناية إذا كان يريد أن يعثر على بذور أو نباتات صغيرة. هل هناك أزمة فى هذا التنوع الحيوى؟ ربما، لكن منظومة جزيرة ريئينيون تحيا مع هذا التابع، أى شلالات من التنوع الحيوى التى هى جزء من المنظومة، والتى استقرت وتعيش بهذه الطريقة.

وأنا مقتنع، وأريد أن تكونوا كذلك أيضا، أنها ليست منظومة ساكنة. ولا يمكننا إيقاف هذا التنوع الحيوى لكن يمكن أن نؤثر بشدة على مستقبله.

ويعنى التأثير على المستقبل أننا فى مشكلة مجتمعية. تنوع حيوى، نعم، لكن النزاعات قادمة. فليس للجميع رأى واحد وليس للجميع مصالح واحدة. بعضهم يرغب فقط بالبقاء على قيد الحياة. وربة العائلة التى تذهب إلى السوق ليس لديها الهدف ذاته بالنسبة للتنوع الحيوى والمصادر التى يمكن أن تعود بها إلى المنزل من أجل أولادها، مقارنة مع الذين يعيشون أهداف مجتمعية ضمن مجتمعات منظمة وغنية، أو فى مؤسسات عامة أو خاصة هدفها ربحى. لكن كل هؤلاء الأشخاص يأكلون يوميًا ويروون ظمأهم، وهدفهم أو هدفنا جميعًا هو أن نحصل على أفضل طعام بأقل ثمن. كما سنبدل جهودًا لأسباب تتعلق بكل فرد منا عاطفيًا أو روحيًا. وهنا، مهما كانت مجتمعاتنا، يجب تأمين الأمن الغذائى والصحة للجميع. ومن

الواضح أنه لا توجد مساواة بين الجميع فى هذا النظام. فعندما نرى التطورات الاقتصادية، الأرباح والتنمية المستدامة: نرى الأهداف كما نرى النزاعات قادمة.

ما التنوع الحيوى؟ إن تعريف الميثاق حول التنوع الحيوى يتكلم عن المتغيرات بين العضويات التى تعيش فى أوساط مختلفة. فالتنوع يشمل التنوع ضمن الأنواع، كما بين الأنواع والنظم البيئية. وهذا التعريف يتناسى العمل الداخلى للعضويات.

قدم الاتحاد العالمى للحفاظ على الطبيعة، بالإضافة إلى برنامج البنك الدولى، تعريفاً أبسط، وربما أوضح، وإن كان أكثر طموحاً، وتكلماً عن "مجموع الجينات والأنواع والنظم البيئية فى منطقة ما". وهذا يجعلنا نراجع كامل السلم على مستوى تنظيم الكائن الحى. التنوع الحيوى هو، والحالة هذه، مفهوم مهم لكن مبهم فى الوقت ذاته بالنسبة للجميع.

اسمحوا لى كعالم حيوى بتقديم أربعة تعليقات صغيرة.

بالنسبة لعلماء الوراثة والتطور، يمثل التنوع الحيوى تنوع الجينات والأفراد والأنواع. ويمكنهم دراسة وفهم بعض الآليات، مثل الطفرات والتبادلات الوراثة وحركية الجينومات، وهذه طريقة شاملة وغير صحيحة تماماً لتناول كل عمليات إعادة التركيب التى تمت على مستوى الدنا والتى سمحت بالتطور الذى تكلم عنه فرنسوا جاكوب.

لكن هذا يحدث فى سياق نظام حيوى، ونظام بيئى. وبعض الأشياء التى تظهر وتختفى، لا تؤثر مطلقاً على جيرانها، وبعضها تجد نفسها مزودة بخصائص تميزها عن غيرها. وهذه أسئلة عن الحياد والاصطفاء، أى إعادة النظر اليوم بالداروينية. ويتم كل ذلك اعتماداً على أرقام وعلى وظائف. وحسب مصطلحات العلماء الحيويين فى مجموعات سكانية كبيرة. وهذه طريقة أخرى للقول إن النظام فسيفسائى الشكل، وأن بعض الأفراد ينتقلون من قطعة إلى أخرى من هذه الفسيفساء، أو تتبادل فيما بينها، وبعضها ينقرض، ويتم إعادة شغل الموقع من قبل

أفراد آخرين من النوع ذاته أو من العائلة الوراثية ذاتها، وأحياناً من أفراد مختلفين. بعضهم يعودون إلى أجدادهم وخلال رحلتهم يتغيرون قليلاً مانحين الثروة والتجدد في الأماكن التي كانت سابقاً مأهولة من قبل أجدادهم الأوائل. ويتم كل ذلك بطريقة متباعدة. يقول أنصار التطور أن عدد الأنواع قد ازداد كما أن كثيراً منها قد انقرض، ولا نتعاطى الآن إلا بما بقي في العام ٢٠٠٠. ويوجد في هذه الحركية آليات محددة تماماً، يمكن تحليل مراحلها والتنبؤ بطريقة أكيدة بنتائجها. وهناك آليات أخرى على العكس احتمالية، أي يمكن معرفة كيف تجرى لكن لا يمكن القول ما هي احتمالات إعطاء نتيجة معينة.

والعالم الحيوى لا يهتم فقط بالجينات والتطور، بل يهتم أيضاً بوظائف الأعضاء والأفراد، من يبرد منهم ومن يتألم ومن يجوع، والطريقة التي يتم فيها تكاثر الحيوانات والنباتات والعضويات المجهرية والرجال والنساء، والمشاكل السكانية الناجمة عن ذلك. هذا هو التنوع الحيوى. فالأفراد والأنواع لا تستعمل استراتيجيات التكاثر ذاتها حسب الوسط، والفكرة المكونة عنه والطريقة التي يشعرون بها. ويترتب على ذلك نتائج. هناك أنواع تطور تنظيمات اجتماعية ليكون جوابها أكثر دقة فيما يختص بهدف التكاثر، وأنواع أخرى تستعمل الجيران، أو تعيش ضمن تجمعات مشكّلة ما يشبه الاتحادات (الكونسورتيوم) consortium. ونعلم جيداً أن الأجبان الجيدة ليست نتيجة نوع واحد من الخمائر اللبنية، لكن من كونسورتيوم ماهر يتقاسم المهمات، ويتساعد لإظهار النكهات والطعم والأذواق التي نستسيغها ونختارها. وتتم مبادلات بين هذه الأنواع الجرثومية، لكن بأى طريقة تتم المبادلات؟ هناك طبعاً إشارات وأحياناً جينات كما أنها تتبادل وتتقاسم الركائز حتى تتغذى.

وهكذا نصل رويداً رويداً إلى النظام وإلى هذه الأوساط وإلى هذه المناطق. هذا هو حقل علم البيئة، علم البيئة العلمى.

والكونسورتيوم في علم البيئة هو التفاعل بين الأنواع، وهو تفاعل مستدام. سيتكلم كلود كومب Claude Combes في هذا المكان عن نشوء هذا التفاعل،

وطريقة عمله ودوره فى التكاثر الجنسى، أحياناً بين الشركاء المختلفين وإن لم يكونوا من النوع نفسه.

ومناطق السكن هذه مفتتة. وذكر تعبير الفسفسياء. وبالنسبة لعالم بيئى، فإن هذا ممتع جداً. ومن هنا يستخلص مراجعه، يقوم بمقارناته، ويمكن أن يجرى تجاربه بطريقة علمية، أى بتقديم توقعات على أرضية النظريات وتحليل النتائج. ويكتشف أن التنويعات على موضوع واحد متنوعة جداً، وتغنى تنوعنا الحيوى، ولكنها عطوبة جداً.

وما يقولونه لنا أيضاً، أننا إذا أعرنا انتباهنا إلى ثوابت الزمن، ونظم الأمور والحركات، فإن هناك نماذج متعددة من السيناريوهات الممكنة لنرى كيف تتطور، وتتحول النظم البيئية هذه.

ويتساءل زملاؤنا فى علم البيئة: هل للتنوع الحيوى وظيفة؟ ونجيب طبعاً. لكن كيف نحللها؟

للإجابة على هذا السؤال يجب معرفة الحيوانات، الجراثيم، والنباتات. أو بكلمة أخرى، يجب أن تكون منهجياً جيداً، وعالم نباتات جيد. ومنذ "لينيه" Linné فإن التصنيف المنهجى بنى قاعدة علمنا عن الأحياء، وقدرتنا على تمييز الأشياء عن بعضها. واستقت هذه المنهجية مجدها وعاشت وما زالت تعيش صعوبات دوار الزمن ودوار الأرقام. نحن بحاجة ملحة إلى منهجية تصنيفية ولن ننتهى منها. بالإضافة لذلك، فكل شىء يتغير دائماً. وفى كل الأمكنة الجديدة التى نكتشفها، وفى كل عمليات إعادة التركيب التى ستجرى، سيتوجب علينا معرفة الكائنات الحية. وربما تكون رهانات التصنيفات الجديدة قد أصبحت مختلفة عن معرفة الرتب، والأنواع، وتحت الأنواع. لكن سنتناول معرفة النماذج، المجموعات والوظائف. يوجد هنا مساحة كبيرة من الحرية، والتقدم بالنسبة للمصنفين المنهجيين. ونذكر هنا، أنهم يواجهون صعوبات جمّة، لأن علماء الوراثة يقولون إن المبادلات الوراثة، ومبادلات الدنا قائمة. إن هذا نادر لحسن الحظ لكن ممكن الحدوث. فما

هو المفهوم الذى يمكن أن نستعمله عندها؟ عندما نصادف حمّة تنتقل من البطاطا إلى التبغ، هل نقول أن هذه الحمّة تابعة لنوع البطاطا أو تابعة لفصيلة التبغ؟ علمًا بأن الدنا ذاتها لم تتغير ولم يحدث أى تبديل بنوويدياتها (نوكليويتيدات) Nucléotides. أنا، لا أعرف بماذا أجيب، لكن أعرف أن هذا يطرح مشكلة للمصنفين ولنا جميعًا. وأنا ذكرت التبغ بلطف، لكن تعرفون جيدًا أنه كان يمكن أن أتكلّم عن الجنس البشرى.

إذن، ها هم العلماء الحيويون منكبين على العمل. هل ننتظر أن ينتهوا مما ذكرته لكم؟ وهم قد لن ينتهوا أبدًا؟ طبعًا لا. فهذا النظام البيولوجى، يجب استعماله. يجب أن تكون لدينا الجرأة أن نعتبر هذا التنوع الحيوى مصدرًا مهمًا. طبعًا يشترط لذلك معرفته ومعرفة تأثير الإنسان وخيار المجتمع.

ما الخطوات التى نقترحها؟ نحن نقترح تقييم التنوع الحيوى، وملاحظة كيف يتطور، ثم مناقشة هذه المواضيع فى قراراتنا الاجتماعية والسياسية اعتبارًا من رؤيتنا ومن تراتبية قيمنا. قبل كل شىء علينا إجراء جرد، ورصد، ونظم حماية. ويتطلب ذلك هندسة منشآت للإدارة والتوجيه.

ومن الواضح، أنه إذا كان عددنا سيزداد على هذا الكوكب، فإنه يجب أن يترافق ذلك مع التنوع الحيوى الذى من صالحنا أيضا تقويته حتى يصبح أكثر غنى، ليس من أجله فقط، بل من أجلنا أيضا.

وهذا التنوع بصدد الحصول على إطار قانونى. ومقارنة مع خطوات علوم الأحياء فإن زملاءنا فى العلوم الحقوقية يسرون فى خطوات عكسية. طبعًا هم يقولون إنى أسير بالعكس. فهم ينطلقون من الأخلاق، من المجتمع، ومن الأفراد، ثم يعرفون مساحة حريتنا. إنهم ينطلقون من علاقاتنا الاجتماعية ويقترحون قوانين وقواعد يصوت عليها المواطنون عبر ممثليهم المنتخبين. ينطلقون اعتبارًا من التسويات والحلول المقدمة فى النزاعات، ويضعون الممنوعات. وعندما يحدد المجتمع أهدافًا لنفسه، فإنهم يقترحون آليات تتوافق مع الأسطر السابقة. ومن أجل

كل ذلك فإن الحقوقيين العاملين في مجال التنوع الحيوى بحاجة إلى معرفة وسائل الإدارة المتوفرة، وهم بحاجة لتقويم ما يفعله الجميع.

سأتناول هذا الموضوع فى ثلاث نقاط، مراجعاً أوجه التنوع الحيوى: النظم البيئية، المناطق، وصولاً إلى الجينات.

القانون والنظم البيئية قصة قديمة. وهذا ما أدعوه تاريخ المقاربة البيئية. إن حق الملكية قديم جداً وتتبعك نتائج على التنوع الحيوى: حق ملكية الأرض العامة والخاصة. وهو مذكور ضمن قانوننا. لكن هناك قانون ريفى أيضاً يحدد الاستعمالات، وقانون للبحار، نعرف أنه أحياناً تتم مخالفته. وداخل هذه المؤسسة الحقوقية، عرف من سبقنا، وآباؤنا، ونحن أيضاً، عندما نصوت على قانون ما، حقوقاً وواجبات خاصة: حقوق الصيد، إدارة المياه التى ننظم الحياة المائية المتنوعة وأيضاً الزراعة. وتم تعريف الإجراءات العامة الجماعية للحماية والحفاظ. ولدينا متحف للسواحل، وحتى أوروبا الموحدة اهتمت بالموضوع وأصدرت تعليماتها المسماة "أمكنة العيش" Habitats. ولا أحتاج أن أحدثكم عن النزاعات التى نشأت مع الصيادين حول ذلك.

والأنواع أيضاً شاركت ببناء هذا الحق. هنا لا نتكلم عن نظم بيئية بل نتكلم عن أنواع. وعندما نرى كيف يتطور القانون الآن، فإننا نلاحظ أن نقاط الاهتمام قد تغيرت بشكل ملحوظ. فالذئب زمن حرب المائة سنة كان نوعاً مذموماً ومغضوباً عليه. لكننا الآن نسعى جاهدين لإعادته إلى بيئتنا. وأنا لا أقول إن كان هذا جيداً أم سيئاً، لكن أقول فقط أن هذه طريقة لرؤية الأمور. ومن جهة أخرى فنحن لا نتخذ المواقف ذاتها تجاه الأنواع التى ننمأهى معها والأنواع الأخرى. فنحن سندافع عن الدب الصغير الذى يلعب به أطفالنا مع أننا ندوس على النباتات المحمية فى جبال البيرينيه. ومن الواضح أننا لا نملك المشاعر ذاتها تجاه الدب وتجاه بعض النباتات الصغيرة المتواضعة. كما أنه ليس لدينا مشاعر لطيفة مطلقاً تجاه العامل المسبب لمرض السل. مع أنه كائن حى هو أيضاً. لا بل قد نرغب بمعاملته بطريقة مختلفة



لو توفرت الفرصة لنا. وإذا لم ننجح فى ذلك، فالسبب عائد ربما أيضا للمجتمع. إذن لدينا أنواع على طريق الانقراض، وأنواع محمية، قانون، تصنيفات، وإجراءات. هل هى مطبقة بشكل جيد؟ لكل منكم جوابه الخاص. وحتى بالنسبة للأنواع المدجنة، فيوجد إطار قانونى لتنوعها الحيوى. وفى أفضل العوالم التى يمكن تخيلها، ربما يجتمع الحقوقيون والعلماء الحيويون لتصميم قانون للاستثمار دون طموحات. لكن أخشى أننا ما زلنا بعيدين عن ذلك. ولنحتفظ بهذه الرؤية كحلم بعيد.

بقى أن نتكلم عن القانون والمقاربة الوراثة. المقاربة الوراثة ليست بالشىء الحديث، فقد مارس المزارعون هذه المقاربة منذ العصر الحجري الجديد دون أن يعوا ذلك: فقد دجنوا النباتات. وعندما قلت لكم أن إنتاج القمح قبل حرب المائة عام كان يبلغ خمسة قنطارات فى الهكتار الواحد، فإنى كنت أتكلم عن سلف القمح الحالى. وكان هذا قمحا حسب مفهوم لينه Linné، وحسب مفهوم النوع، ولكن كان صنفاً من القمح الذى لم يكن يملك الإمكانات الإنتاجية للقمح الراهن فى وسط يعتنى به الإنسان. وبالتالي، فإن ما قام به علماء الوراثة والاصطفاء، والذين يعملون على تحسين النباتات، المزارعون، والفلاحون منذ سنوات عديدة هو عمل منظم. كانوا يحتفظون بالبذار بشكل متفاوت المهارة، وفى زمن المجاعة كانوا أحيانا يأكلونه. عام ١٩٢٠، كانت فرنسا من أوائل البلدان التى طورت إطاراً قانونياً عندما فرضت شهادات الحصول النباتية التى كانت تشهد على نوعية الصنف الذى يبيعه تاجر البذار، مع الاعتراف بالعمل الزراعى الذى تم. لقد تطور كل هذا النظام منذ عام ١٩٢٠، حتى يومنا هذا. وما زال هناك تشريع مؤطر بشكل جيد، واتحاد لحماية المحاصيل الزراعية، اعتمدته أيضا الـ FAO (منظمة الزراعة العالمية)، وإن لم تكن كل البلاد قد انضمت إليه حتى الآن. وفى عام ١٩٦٦، فى مرحلة من المجد والنشاط الاقتصادى، سنت الدولة الفرنسية قانوناً ينظم تربية الحيوانات وتأطير التلقيح الاصطناعى. وبالتالي فإن فرنسا مارست علم الوراثة الحيوانى، وأطرت إنتاج الحليب واللحوم ضمن نظم قانونية حيث كان لوسائل المراقبة الديمقراطية أن تمارس مهامها.

أما فيما يتعلق بعالم الجراثيم، فقد كانت الأمور مختلفة، لأن هذه الكائنات الصغيرة، وإن كانت تمثل نصف الكتلة الحية على كوكبنا، فإنها صغيرة لدرجة أننا لا نراها بالعين المجردة. وبالتالي لم نهتم بها قدر اهتمامنا بالأرانب وأشجار البلوط. لكن منذ زمن بعيد، تخضع هذه الجراثيم إلى قانون براءات الاختراع. وأصبح لها حياة قانونية منذ نهاية القرن الماضي وحتى زمننا الحاضر، مختلفة عن النباتات والحيوانات، هي الحياة القانونية للجراثيم.

لكن اليوم بدأت تظهر نزاعات، ولدى انطباع أننا خلال الخمسة عشر عامًا الأخيرة عشنا ثلاثة أحداث كبيرة: قبل كل شيء السيطرة والتحكم بالجينات، التي وإن لم تكن كاملة لكنها سمحت بالانتقال من إظهار الدنا إلى التقنيات الكلاسيكية لعلم الوراثة والهندسة الوراثية، وصولاً إلى تسجيل براءة اكتشاف متتابعات الجينات، وطرقها وإلى تطور مفهوم المصدر الوراثي، لأننا إذا فكرنا فقط بالجينات، حق لنا أن نتساءل. ما المصدر؟ هل هو النبات؟ هل هو الدنا؟ أم هي الطريقة؟ أم هو الذى اشترى الطريقة؟ هذا هو موضوع النقاش اليوم. ودار الحديث عن ذلك أيضا في مدينة سياتل.

وبشكل مواز، فقد عشنا ثورة في رؤيتنا للحالة الحقوقية للعالم البيولوجي. قبل عام ١٩٩٢، وفي كل النصوص مثل التي صدرت عن الاتحاد لحماية المحاصيل الزراعية، وأيضا في خطط عمل منظمة الزراعة FAO وغيرها، بما فيها خطط العمل المحورة من برامج البنك الدولي، كان التنوع الحيوى يُعرّف على أنه إرث مشترك للبشرية. وذكرت اليونسكو ذلك في شرعتها. لكن في عام ١٩٩٢ عقد مؤتمر ريو دي جانيرو: التنوع الحيوى فى خطر. ومن ضمن الفقرات العديدة للوثيقة النهائية التي لها قيمة اتفاقية دولية، نذكر فقرة مهمة. ويجب أن أقر أنى كفرد لم أنتبه لها مباشرة، واحتجت إلى ٥ سنوات لأفهمها، لكنى لست رجل قانون. أو ربما كانت عيوني مغلقة إراديا عبر أفكارى الخاصة. تنص هذه الفقرة أن الدول ترى سيادتها معترف بها على التنوع الحيوى الموجود على أراضيها. ويعنى هذا

أن التنوع لم يعد إرثاً مشتركاً للبشرية. طبعاً كلمة "سيادة" لا تعنى "ملكية". ومن هنا حقل واسع للنزاعات. لكن هذا هو ما نحتاجه الآن وتزايد العولمة من قوته. ماذا نبيع؟ وبماذا نتبادل؟ من يملك الأشياء؟ من يملك الحقوق؟ من يبادل الحقوق وحسب أى حكومات؟ إذن الملكية الفكرية، البنى الاقتصادية العابرة للدول ثم مناقشات سيائل. لقد سمعتموها كلها.

نحن نعيش إذن وضعاً جديداً، لكن وضعاً ظهرت فيه أيضاً مساحات جديدة للحرية.

أولاً بالنسبة للدول. فالدول وجدت أن سيادتها تم الاعتراف بها. لا أقول إن كان ذلك جيداً أو سيئاً لكنى أسجل ذلك. هذا الوضع حيث الاختراعات المطورة من قبل الأفراد، أو الشركات، أو البنى المؤسسية، يفتح أمامها حقل عمل أوسع بكثير على مستويات تنظيم الحى، على قياس الزمن وعلى قيم مختلفة جداً عن التى كنا نعرفها عندما كنت فى المدرسة الزراعية.

وبالنسبة للمواطنين هناك أيضاً مساحة جديدة للحرية. عليهم أن يتصرفوا لكن يجب عليهم أن يتفقوا على مشروعهم المجتمعى اعتماداً على ما سيعرفونه، يفهمونه، يقبلونه، يرفضونه بالنسبة لما سيُعرض عليهم. وفى هذه الحالة أرى ملامح ثلاثة اتجاهات تتبدى:

الاتجاه الأول هو اتجاه العالم الحيوى الذى يهتم بنباتاته الصغيرة وحيواناته الصغيرة، والذى يلاحظ زوال فكرة الحفاظ الساكنة مع إعطاء الأفضلية للحفاظ الحركى الذى يمكن مواصلته وجره بواسطة مفهوم المصدر والإبداع. ومجتمعنا يسير بهذا الاتجاه.

ومن جهة ثانية سيكون علينا أن نفعل ما علينا أن نفعله. وفى "فعل ما يجب فعله"، سيتوجب علينا طرح السؤال التالى: أين ستكون فى هذا المستقبل العدالة والإنصاف؟ كيف سيتم توزيع سلطات الأفراد؟ سلطات الضعفاء وسلطات الأقوياء؟ من سيتكفل بالمصاريف؟ ومن سيدير التراث؟

وفى النهاية، لا يوجد ما نحزن عليه. لقد حصل تقدم حقيقى فى المعارف،  
تمثل مؤخرًا فى الجينات. لكن الجينات ليست كل شىء. فليست الجينات هى التى  
تصنع الرجال أو المواطنين. الجينات هى جزء من الرجال والمواطنين، وليست  
الشىء الوحيد الذى يصنع الرجال والمواطنين. وسنحتاج هذه المعارف التى  
صدرت عن الجينات، كما التى ستصدر عن عمل العضويات والبيئة، لبناء  
هندساتنا، ومشاريعنا - وحتى نستطيع دائمًا أن نعيد النظر فيها.



## التطور المشترك<sup>(٢)</sup>

بقلم: كلود كومبيه

Claude COMBES

ترجمة: د. سامر اللاذقاني

### ما التطور المشترك ؟

أصبحت فيروسات المعلوماتية تزداد تطوراً. والبرامج المضادة للفيروسات تزداد تعقيداً. هذه هي الصورة الحديثة التي يمكن تقديمها عن التطور المشترك. إن الفيروسات تزداد تطوراً لأن البرامج المضادة موجودة، وهذه الأخيرة تتجدد بشكل دائم لأن فيروسات أكثر فعالية تنتشر. التطور المشترك، هو آلية دون نهاية يقوم فيها عدوان، دون توقف، ببناء أسلحة جديدة حتى لا يسبق "الآخر".

### العوامل الممرضة والثوى Les pathogènes et leurs hôtes

#### صراع دون رحمة

إن العامل الممرض، أكان الحمة المسببة للأنفلونزا، أو قمل الرأس لدى طلاب المدارس، هو كائن حي يستعمل عضوية حية أخرى، أي الثوى، ليكون له في آن واحد مسكناً ومصدراً للطاقة. وغالباً، تتميز الشراكة بين العامل الممرض والثوى بنوعية ضيقة. فلعامل ممرض معين ثويه الخاص به، أو عدداً من الأثوياء الأقرباء. ولدراسة التطور المشترك، هناك مفهوم مهم، هو نجاح التكاثُر، الذي تصفه الأدبيات الأنغلوساكسونية بالتعبير الموحى: اللياقة fitness. ففي شراكة عامل ممرض - ثوى، فإن لياقة الطفيلي تزداد إذا سمح الاصطفاء الطبيعي له

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٧ التي أقيمت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٧ يناير ٢٠٠٠.

باستغلال الثوى بشكل أفضل، بينما تزداد لياقة الثوى إذا سمح له الاصطفاء بأن يقاوم الأنتان infection بشكل أفضل.

نستخلص إذن أن كل الشروط مجتمعة من أجل تطور مشترك. وعلى الأسلحة التي اخترعها العامل الممرض يرد الثوى بأسلحة صممها هو. وكلمة سلاح يجب أن نفهمها طبعاً أنها التكييفات (بالتصرف والفيزيولوجيا والجزئيات) ومن كلمة اخترع يجب أن نفهم خيارات الاصطفاء الطبيعي في التنوع الوراثةي الناجم عن الطفرات. وفي مثل هذا التنازع، حيث التطور المشترك يؤدي إلى مجابهة بين خصمين لهما مصالح متعاكسة تماماً، يستعمل العلماء الحيويون مصطلح سباق التسلح، مقارنة بدولتين متنازعتين تحافظان على توازن هش فيما بينهما. وحيث تخترع كل منها بشكل منتظم أسلحة جديدة قادرة على مواجهة مبادرات الطرف الآخر.

وفي شراكات العامل الممرض - الثوى يجرى سباق التسلح على مستويين متتاليين.

تتم في المرحلة الأولى عملية اختيار الجينات التي تسمح للعامل الممرض بقاء ثويه بنسبة حدوث عالية. وكاستجابة لذلك يتم لدى الثوى اصطفاء كل جينة تسمح بتجنب لقاء العامل الممرض.

ويتم اصطفاء الجينات التي تسمح للثوى بتدمير العامل الممرض، خاصة عبر المناعة. ورداً على ذلك يتم لدى العامل الممرض اصطفاء الجينات التي تسمح له بالبقاء على قيد الحياة في الوسط العدائي الذي تم إيجاده.

نستنتج من ذلك أن التطور المشترك هذا يمكن أن يستمر طويلاً... ولهذا السبب غالباً، يوجد هذا العدد الكبير من العوامل الممرضة، وسيوجد منها الكثير دائماً. ولا يختلف هذا التطور المشترك بأى شيء عن الذى نشاهده فى مجابهة الكواسر مع فريستها: فالقطط مثلاً متكيفة بشكل ممتاز للقبض على الفئران، لكن



كذلك الفئران لديها تكيفات ممتازة لتجنب القطط، ويوجد دائماً في الوقت ذاته قطة وفئران. ويعرف الأطفال أن الفأر جيري يعرف اتخاذ القرارات المناسبة التي ستفشل المخططات الجهنمية والمتجددة للقط توم... لقد استطاع جين دايتش Gene Deitsh من شركة وارنر بروس رسم خطوط هذا التطور المشترك ومن دون أن يشك في ذلك.

### زهرة الأوركيد والفراشات: أيضاً نزاع...

إن الشراكة المشكلة من بعض أنواع الأوركيد في مدغشقر والفراشات الناقلة لغبار طلعتها لا تدخل في نطاق التطفل، لكن في نطاق التعاون. وما الفرق بين الاثنين؟ في حال علاقة التطفل، إذا كان أحد الشريكين يستغل الآخر، فإنه في نطاق التعاون فإن الاستغلال يكون متبادلاً. أو بكلمات أخرى يوجد دائماً عامل ممرض وثنوى، لكن هذا الأخير يجد الفائدة من استعمار العامل الممرض له...

إن أنواعاً كثيرة من زهر الأوركيد تملك الطلعيات pollinies، وهي كتل صغيرة لاصقة تحوى حب الطلع، وأنابيب اسطوانية هي الرحيقيات nectaires تفرز رحيق حلو المذاق. تأتي الفراشات لتتهل من الرحيق بواسطة خرطومها. لكن لتصل له، تصطدم بقاعدة الطلعيات فتلتصق هذه الأخيرة برأسها. وخلال وجباتها المتتالية للرحيق، تنقل الفراشات هذه الطلعيات من زهرة إلى أخرى، مما يسمح بإلقاحها. لكن، حتى يتم التصاق الطلعيات برأس الفراشة، يجب أن يصدّمها الرأس بشدة معينة. ومن الواضح أنه إذا كان الوصول إلى الرحيق سهلاً، فإن الفراشة ستتهل منه وتذهب دون طلعيات. وبالتالي، فإن فقط النباتات التي تملك غدة رحيق طويلة، والتي تجبر الحشرة على أن تصدم رأسها بقاعدة الطلعيات حتى تصل إلى الرحيق، تكون قابلة للتكاثر: وبالتالي فإن صفة "غدة رحيق طويلة" تكون في الاصطفاء. وفي الوقت ذاته فإن الاصطفاء يفضل صفة "خرطوم طويل" لدى الفراشات. لأن الفراشات ذوات الخرطوم القصير لا تصل إلى الرحيق الثمين،

وبالتالى، نظراً لسوء تغذيتها لا تستطيع أن تتكاثر بشكل طبيعى. إن مثل هذه الآلية فى التطور المشترك أوصلت إلى أزهار أوركيد ذات غدد رحيق متطاولة جدا وإلى فراشات تملك خرطوم ذات قياسات كبيرة. وكمثال على ذلك فإن زهرة أوركيد *Angraecum sesquipedale* تملك غدة رحيق طولها ٢٨ إلى ٣٢ سم، والفراشة *Xanthopan morgani* التى تلقحها، لديها خرطوم طوله أكثر من ٢٥ سم.

نرى جيداً هنا أن الشراكة وإن كانت من النموذج التعاونى وليس الطفيلى، فإنها أدت إلى تطور مشترك. وتفسير ذلك أن كل كائن حى هو أساساً أنانى، ولا هدف له آخر غير نقل جيناته إلى الجيل اللاحق. والتعاون بين الفراشة وزهر الأوركيد ليست آلية غيرية، وإن كانت تبدو على صورة اتفاق تام.

### الملكة الحمراء عند لويس كارول Lewis Carroll

وهنا يطرح سؤال أساسى حول دور التطور المشترك فى ظاهرة التطور العظيمة ذاتها. هل التطور المشترك هو مجرد حادثة تروى للتندر، ورواية بعض القصص عن العالم الحى، أم هو على عكس ذلك آلية مهمة وأساسية؟

بالنسبة لـ ليغ فان فالن Leigh Van Valen من جامعة شيكاغو، فإن المحرك الرئيسى لتطور أى نوع حى يمثله الأنواع الأخرى التى يشاطرهما مواردها. وكل تقدم فى القيمة التكيفية لنوع ما يغير من بيئة الأنواع الأخرى المحيطة به ويجبرها على التكيف. وهذا التكيف يسبب بدوره تبديلاً فى بيئة النوع الأول، ويدفع به إلى فصل جديد للاصطفاء وهلم جرا. ويتم ذلك لأن الموارد محدودة. ويقول فان فالن أن الأنواع تلعب لعبة مجموع ربحها صفر. ودعا هذا الاقتراح نظرية الملكة الحمراء.

وهذا التعبير مستعار من رواية لويس كارول "عبر المرأة"، حيث أليس تمسك الملكة الحمراء من يدها وتركض معها فى بلد العجائب. وتكتشف أليس مندهشة أن المناظر حولها لا تتغير، فتسأل الملكة عن سر ذلك، فتجيبها أنهما

يركضان حتى يبقيا في المكان ذاته، ولهذا السبب لا تتغير المشاهد من حولهما. والأمور مماثلة في التطور المشترك: فالأنواع المتنازعة تركض، أى أنها تخترع باستمرار تكيفات جديدة، لكن طبيعتها الداخلية لا تتغير. وهذه الآلية تظهر بوضوح أكثر في حال نوعين (أو عدد قليل من الأنواع) شكلت فيما بينها شراكة وفيه عبر الزمن الذى يمتد ملايين أو عشرات الملايين من السنين. وفي كل مرة يكتسب أحدهما بالاصطفاء ميزة معينة، فإن هذه الميزة تغير بيئة الأنواع الأخرى وتجبرها على أن تكتسب بدورها مزايا معوضة. كتب مات ريدلى Matt Ridley بطريقة تصويرية قائلاً، أن كل تقدم في الحياة ليس إلا نسبيًا...

تقدم نظرية الملكة الحمراء ميزة شرح الازدياد المستمر للتعقيد، الذى خلال ٣,٥ مليار سنة، قاد الكائن الحى من حالة الجزيء إلى الإنسان العاقل. وإذا كانت النظرية صحيحة، فالتطور يعنى: الآخرين. والاعتراف بنظرية الملكة الحمراء لا يقتضى بأى حال، أن الأحداث الفيزيائية الكبيرة التى أصابت الكوكب (ظهور الأراضى، انجراف القارات، الانفجاريات البركانية الكبيرة، التبدلات المناخية،...) لم يكن لها دور أساسى فى بعض مراحل التطور، معطياً إياه طابعاً أقل تدريجية عما كان يعتقد به فى منتصف القرن العشرين.

### التطور المشترك الجينوم - الثقافة

مع ظهور البشر على الأرض تأسس شكل جديد تمامًا من التطور المشترك، ليس بين الأنواع الحية لكن بين آليتين. ونصفه بالتطور المشترك ثقافة - جينوم.

وكما ذكر كل من ماركوس فيلدمان Marcus Feldman من جامعة ستانفورد وكيفن لالاند Kevin Laland من جامعة كامبريدج، ما أن استطاع البشر إنتاج أدوات من الحجر، حتى أصبح ممكناً نقل الكفاءة المكتسبة فى هذا التمرين من جيل إلى جيل، عبر آلية ثقافية وليس وراثية. ومن الغريب فى الأمر، أن التغيرات الثقافية عند البشر تعطى الحق لـ لامارك فى نظرياته: فبالنسبة للثقافة، يحدث نقل للصفات المكتسبة، مادية كانت أم روحية أم استعرافية.

ونتكلم عن تطور مشترك ثقافة - جينوم لأن البشر، استطاعوا عبر تقاليدهم الثقافية، التي تنتقل من جيل لآخر، أن يؤثرُوا بقوة على الاصطفاء الطبيعي للمعلومات الوراثية.

وكثيراً ما يتم ذكر اختراع الزراعة. فهي سمحت بترجمة فروقات بدئية صغيرة بين الأفراد إلى امتلاك أراض وتراكم ثروات. فروقات تعاضمت وبدأت تظهر، ومنها نشأت الممالك والإمبراطوريات والإقطاعات... هذه الانقلابات فى التراتبية بين البشر جعلت انتقال الجينات يضطرب. وأظهر مات ريدلى، أن السلطة كانت حتى زمن قريب، مرتبطة بإنتاج أكبر قدر من الذرية. ويذكر مثال الإمبراطور الصينى فى تى Fei-Ti (من سلالة النان) وعشيقاته الـ ١٠,٠٠٠، وأمثلة أخرى. وتذكر لورا بيرزغ Laura Berzig أن الأباطرة من سلالة تانغ Tang (فى القرن السابع والثامن بعد الميلاد) كانوا يحتفظون برزنامة مفصلة لمواعيد الدورات الشهرية لعشيقاتهم حتى لا يبذروا فى نطافهم الثمينه... وهناك ممارسات ثقافية تغير من الصفات الوراثية للسكان. هذه هى حال قتل الفتيات مما يؤدى إلى حصول اختلال فى التوازن بين الجنسين. ومن الأكيد أن التطورات الحديثة فى الطب، خفضت من اصطفاء الجينات المقاومة للأمراض. وحتى اختراع النظارات الطبية كان له كنتيجة منطقية السماح بانتشار جينات حسر البصر بكل حرية.

ويمكن أخيراً أن نتساءل عما إذا كان الضعف المتنامى للبنية العائلية فى المجتمعات الغربية ليس تابعاً لآلية من التطور المشترك ثقافة - جينوم. إن المكتسبات الثقافية أصبحت تتسارع بشكل جعل الأهل غير قادرين إلا على نقل مفاهيم قديمة لأولادهم، بحيث أصبح الأطفال يغنون معارفهم عبر آليات أفقية (أى عبر أفراد من الجيل ذاته) أكثر من الآليات العمودية عبر أفراد من الأجيال السابقة. لقد فقد كل من الجد والجدة سلطتهم... وهل من المفيد أخيراً أن نذكر أن التدخل المباشر على الجينوم الانسانى، الذى سيحصل فى الألف الثالث، سيدفع بالآليات الطبيعية إلى مرتبة الملحقات البائدة. يبقى أن نأمل أن هذا التدخل سيتم لأغراض علاجية فقط، وبشكل خاص لمكافحة الأمراض الوراثية.

إن الأمثلة التي سبقت، تبين أنه إذا كان لتطور الجينوم في سلالة الإنسانيات hominidés قد قاد إلى ظهور دماغ الإنسان المعاصر، وبالتالي ظهور الثقافة، فإن هذه بدورها قد غيرت الضغوطات الاصطفائية المطبقة على الجينومات. وهذه نتيجة متناقضة لهذا التطور على أبواب الألفية الثالثة. إن الحضارات المختلفة التي ولدت في كيانات جغرافية كانت سابقة مغلقة، أصبحت الآن عرضة للاصطدام في آلية داروينية للنفي التنافسي أكثر من أن تغنى بعضها بشكل متبادل. وإذا نشأت آلية الملكة الحمراء فيما بينها، فيمكن أن تبقى على قيد الحياة وأن تغتنى من بعضها. أما إذا حصل عكس ذلك وتغلب التنافس البسيط والخالص، فستبقى حضارة واحدة مسيطرة قائمة.



## الحوار المجزئى فى المعايشات<sup>(٣)</sup>

بقلم: جان ديناريه

Jean DENARIÉ

ترجمة: د. سامر اللانقانى

يشكل الآزوت الجزيئى  $N_2$  حوالى ٨٠% من الغلاف الجوى للأرض. والآزوت هو عامل محدد أساسى لنمو النباتات المزروعة. هذه المفارقة مردها إلى أن جزيء الآزوت ثابت جداً، وأن العضويات العليا حقيقية النواة eucaryotes غير قادرة على استعماله. فقط الجراثيم بدائية النواة Procaryotes الملقبة بمثبتة الآزوت، قادرة على إرجاع الآزوت  $N_2$  إلى امونياك (نشادر). لكن عملية إرجاع الآزوت تتطلب الكثير من الطاقة: فنحن نحتاج إلى ١٦ جزيء من الأدينوزين ثلاثى الفوسفات ATP (معطى الطاقة بين الخلايا) لإرجاع جزيء آزوت واحد. ولهذا السبب فإن النظم المثبتة للأزوت الأجدى والأكثر فعالية هى معايشة تشترك فيها جراثيم مثبتة مع عضويات تقوم بالتمثيل الضوئى photosynthèse قادرة على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

وتلعب ثلاث معايشات دوراً مهماً بشكل خاص:

- ١- فى آسيا مشاركة الجراثيم الزرق cyanobactéries مع السرخسيات المائية (Azolla) والتي تستغل فى حقول الرز كسماد أخضر.
- ٢- هناك نباتات خشبية ligneuses تعود لعدد من العائلات تشكل عقدًا مثبتة للأزوت بواسطة جراثيم خيطية شعاعية (actinomycètes) من زمرة

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٨ التى ألقى فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٨ يناير ٢٠٠٠.

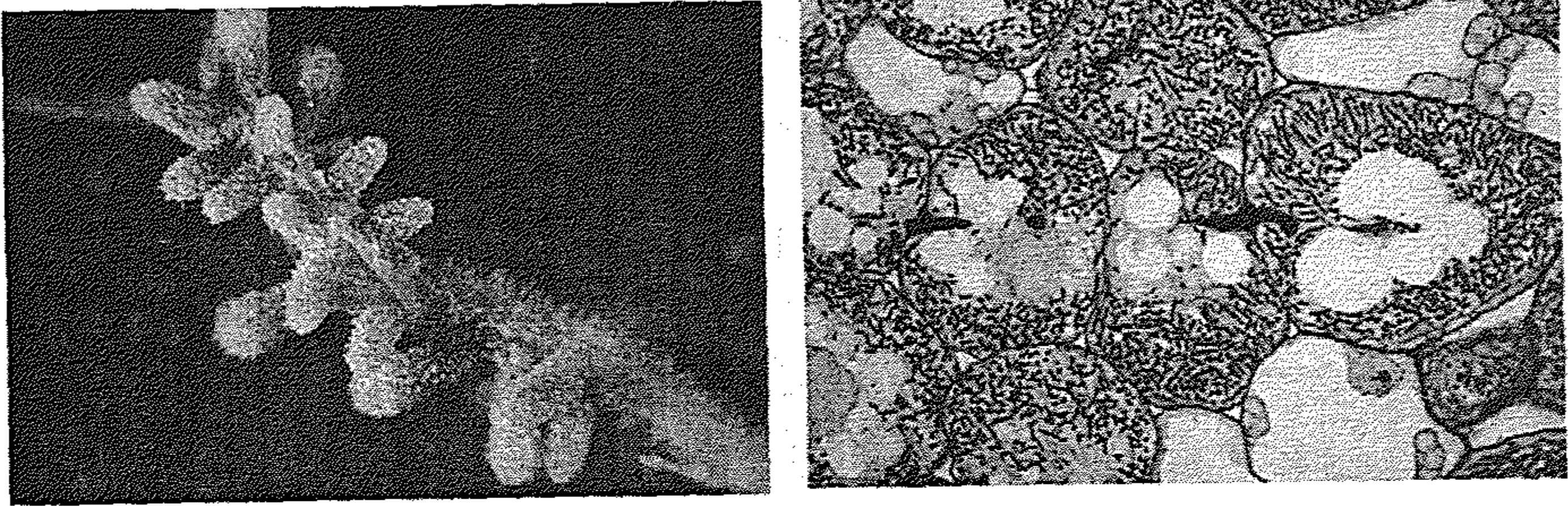


Frankia. هذه النباتات التي تدعى ذات الجذور الشعاعية actinorhizes تلعب دوراً مهماً في استصلاح الأراضي قليلة الخصوبة أو المنهكة.

٣- لكن المعايضة الأكثر أهمية من وجهة النظر البيئية والزراعية، هي التي تشارك جراثيم التربة (الـ rhizobium) مع البقول (légumineuses).

هناك أنواع عديدة من البقول لها أهمية كبيرة في تغذية الإنسان والحيوان نظراً لغناها بالبروتينات.

يتم زراعة نباتات مثل الصويا، فستق العبيد، البازلاء، الفاصولياء لإنتاج البذور بينما الفصّة والنفل فيتم استغلالها لإنتاج الأعلاف. وعائلة البقوليات عديدة، (أكثر من ستة عشر ألف نوع) ومتنوعة جداً (تضم نباتات عشبية سنوية وأشجار ذات أحجام كبيرة) وتستعمر نظم بيئية متنوعة جداً من المناطق حول القطب إلى المعتدلة إلى الصحراوية والاستوائية. ويحرّض الريزوبيوم على جذور البقوليات الأثوياء تشكّل أعضاء حقيقية هي العقد، التي تقوم بتثبيت الآزوت الجوى داخلها (الشكل ١) وتنتج عقد البقوليات سنوياً على كوكبنا كمية من الأمونيا أكبر من مجموع صناعات الأسمدة الآزوتية. لذا من المهم جداً أن نفهم الآليات الوراثة والجزيئية المسؤولة عن تشكّل هذه الأعضاء.



الشكل (١)

المعايشة بين الريزوبيوم والبقوليات عضو متخصص: العقد - على اليسار  
معايشة داخل خلوية تسهل المبادلات بين الشركاء - على اليمين.

## حوار جزيئي بين شركاء المعايشة:

### جينات nod وعوامل Nod

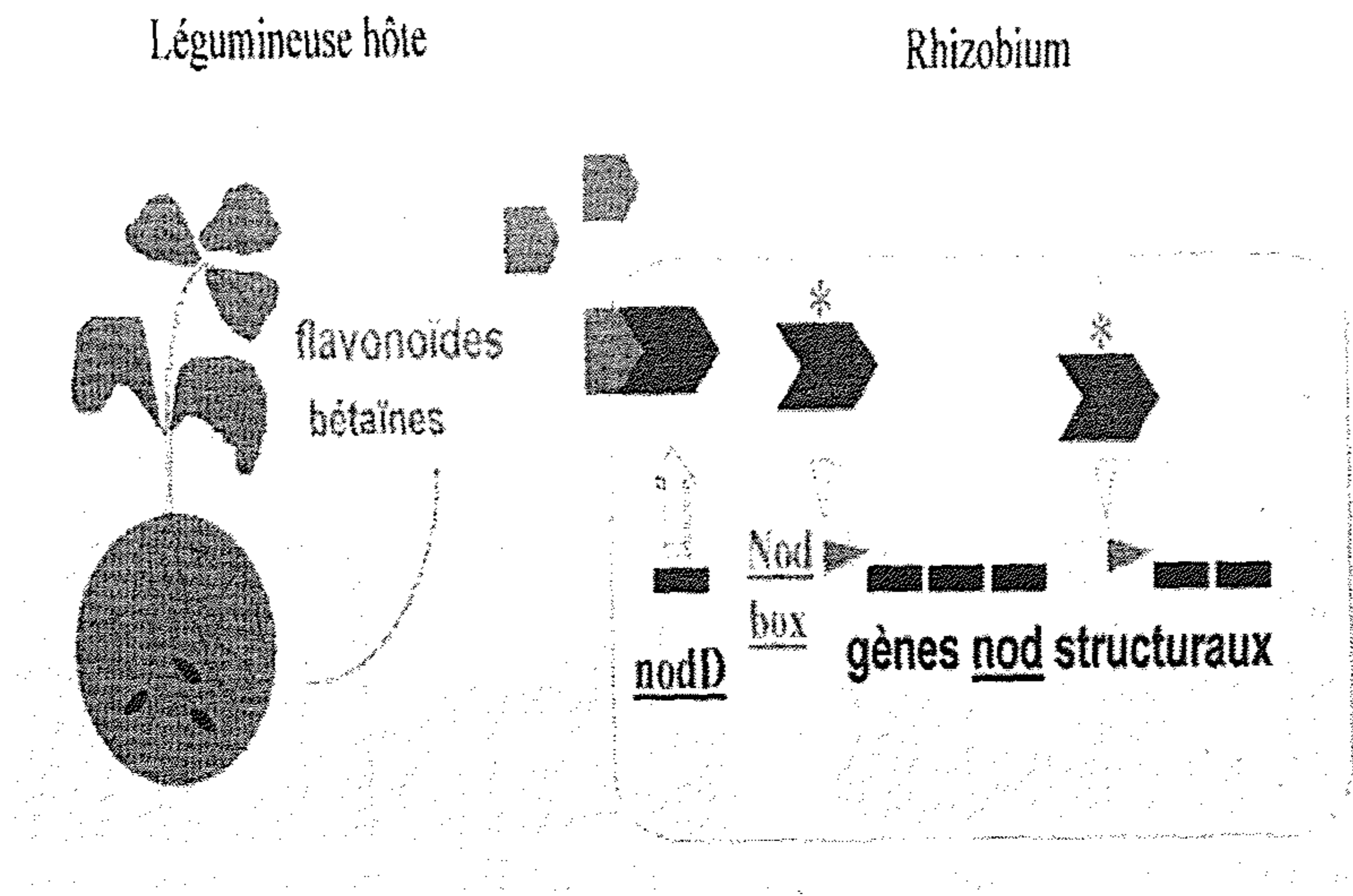
يطلق اسم ريزوبيوم rhizobium على كل الجراثيم القادرة على تحريض تشكل العقد عند البقوليات. ولا تنتمي الريزوبيوم لسلالة واحدة من الجراثيم لكن لعدد من سلالات وراثية، تضم أيضا جراثيم غير متعايشة. وينعكس هذا التنوع لكونها تنتمي إلى أنواع مختلفة Azorhizobium, Bradyrhizobium, Mésorhizobium, Rhizobium, Sinorhizobium. وتعتبر المعايشة بين الريزوبيوم والبقوليات نوعية جدا: إذ أن ريزوبيوم معين لا يحرض تشكل العقد المثبتة إلا عند عدد محدد من النباتات الثوية. ونظرا للتنوع الكبير الملاحظ على مستوى الجراثيم والنباتات، فهل تكون الآليات المسؤولة عن قيام مثل هذه المعايشات متنوعة أيضا بشكل كبير؟

إن التحليل الوراثي لأصناف متنوعة من الريزوبيوم سمح بالتعرف على الجينات nod التي تسيطر على نوعية الثوى، الإنتان، وتشكل العقد. هذه الجينات nod تدخل أيضا في حوار جزيئي بين الشركاء المتعايشين (الشكل ٢). والجينات المنظمة nodD ترمز من أجل بروتينات، التي بوجود إشارات (من نموذج الفلافونويدات) التي يفرزها النبات تفعل التعبير عن الجينات nod الأخرى في البكتريا والتي تسمى جينات nod غير بنيوية. إن الجينات nodD التي ترمز من أجل مستقبلات نوعية لإشارات النبات تشكل الطبقة الأولى لمراقبة نوعية الثوى.

تتداخل جينات nod البنيوية في تركيب وإفراز إشارات المعايشة الجرثومية خارج الخلوية أي العوامل Nod. العوامل Nod هي دهنيات - قليلة السكريد lipo-oligosaccharides، وقليلات الأجزاء للكيتين oligomères de chitine التي تمت أستلتها N-acylés بواسطة سلسلة من الحموض الدسمة. أما الجينات "المشتركة" nodABC الموجودة لدى كل الريزوبيومات فهي تحدد تركيب البنية الأساسية المشتركة لكل عوامل Nod. تلعب هذه الجينات nodABC دورا أساسيا

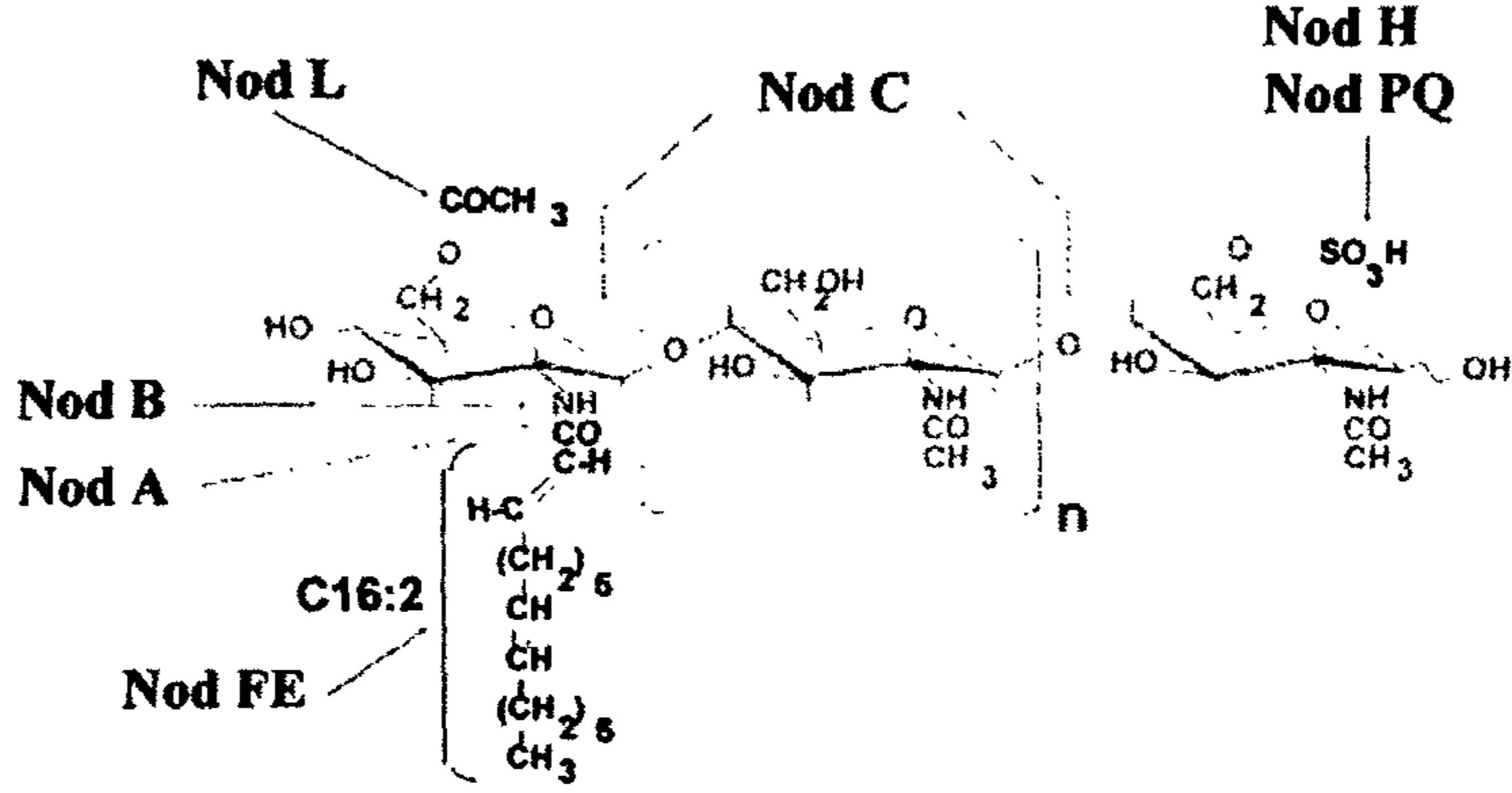
جدا في تشكّل الدرنات (العقد). وأي طفرة في أحد هذه الجينات يجعل البكتريا غير قادرة على إقامة علاقة معاشية. وكل نوع من الريزوبيوم يملك شكل مضيف خاص به، ويملك بالإضافة للجينات nodABC، تركيبة من جينات nod نوعية "تزيّن" الهيكل المكون من قليّلات الكيتين Oligochitinique، بمساعدة تبادلات خاصة تمنح عوامل Nod نوعيتها (شكل ٣).

وهكذا فإن عوامل Nod في Sinorhizobium للفصّة هي مكبرّنة ومؤسّلة بواسطة حمض دسم خاص بها. بينما إشارات الـ Azorhizobium لـ Sesbania يتم استبدالها بواسطة نوعين من السكاكر، هي الفوكوز والارابينوز. وأظهرت تجارب وراثية أن الجينات المسيطرة على طبيعة وموقع التبادلات هي محددات أساسية لنوعية الثوى. إن لعوامل Nod نشاطاً حيويّاً كبيراً وتحرّض حتى بتراكيز ضعيفة (نانو إلى بيكو جزىء) العديد من الاستجابات في المعاشية شبيهة للتي يتم تحريضها من قبل الجراثيم ذاتها.



الشكل (٢)

إن إنتاج جينات nod البنيوية يتطلب البروتين Nod D ومنبهات نباتية.



الشكل (٣)

دور منتجات جينات nod.

### تطور جينات nod وعوامل Nod

إن عوامل Nod هي المفاتيح التي تسمح للريزوبيوم بالتدخل بشكل نوعي في البقوليّات المضيفة. والتنوع البنيوي للإشارات لتشكيل الدرنات ليس إلا تحولات على موضوع واحد. ودراسة بنية عوامل Nod والجينات المسؤولة عن هذه التغيرات يقدم دلائل على الآليات الجزيئية المسؤولة عن هذا التنوع الحيوي وعلى تطور نظم الاتصال بين أطراف المعاشيات. وكمثال على ذلك فإن بعض الريزوبيوم تنتج عوامل Nod على سلسلة من الحموض الدسمة غير المشبعة، لها صفات مختلفة باختلاف النوع. والقدرة على تركيب مثل هذه العوامل Nod ليست متعلقة بالأصول المتعددة للريزوبيوم لكن بتعدد أصول النباتات المضيفة. وهذه الريزوبيوم تشكل درنات في بقوليّات عائدة لمجموعة محددة تمامًا، وهي سلالة الـ galégoïdes. يمكننا إذن أن نطرح نظرية تقول إنه خلال التطور، ظهر على مستوى فرع من البقوليّات، نموذج من مستقبلات لعوامل Nod يسمح بالتعرف على بنية خاصة لسلسلة الحمض الدسم للعوامل Nod.

والبروتين NodA هو إنزيم يسمح بنقل الحمض الدسم على قليل الجزئيات الكيتيني، وهو استيل ترانسفيراز نوعي للحموض الدسمة المنقولة ولقليلة الجزئيات الكيتينية المبدلة، والتي تفيد بقبول الحمض الدسم. وتحليل متواليات البروتين NodA عند مختلف الريزوبيوم يسمح بالتنبؤ ببعض الخصائص البنيوية للعوامل Nod مثل وجود مجموعات الفوكوز والارابينوز وسلسلة حمض دسم غير مشبع. يوجد إذن توافق بين متتالية NodA ونوعية المضيف. إن جينات nod المشتركة تشكل إذن واسمات جزيئية جيدة من أجل دراسة التطور المشترك لمحددات الحوار الجزيئي.

وعند كل الريزوبيوم، مهما كانت المجموعة التي تنتمي لها، يوجد على الأقل جينة nodD، ترمز من أجل مستقبل إشارات تشكيل الدرنات للنبات المضيف ولجينات nodABC. يجب في هذه الحالة أن نطرح نظرية أصل مشترك لهذه الجينات المفتاحية التي لها علاقة بتبادل إشارات تشكيل الدرنات. وفيما بعد تم نقل هذه الجينات أفقياً بين مجموعات مختلفة من جراثيم التربة، معطياً إياها القدرة على تشكيل درنات في البقوليات. وتم بعد ذلك توظيف جينات nod نوعية، لتشكيل مشاركات متنوعة تساهم في تنوع الإشارات. إن جينات المعايضة متجمعة عند بعض الأنواع على البلاسميدات plasmides، مما يساعد على النقل "الكتلي" بين السلالات لهذه البرامج الوراثية. وفي أنواع أخرى فإن جينات المعايضة متموضعة على الصبغي حيث تشكل "جزيرات معايضة" يمكن أيضاً نقلها بين السلالات في التربة، بواسطة آليات لم يتم تحديدها بوضوح حتى الآن.

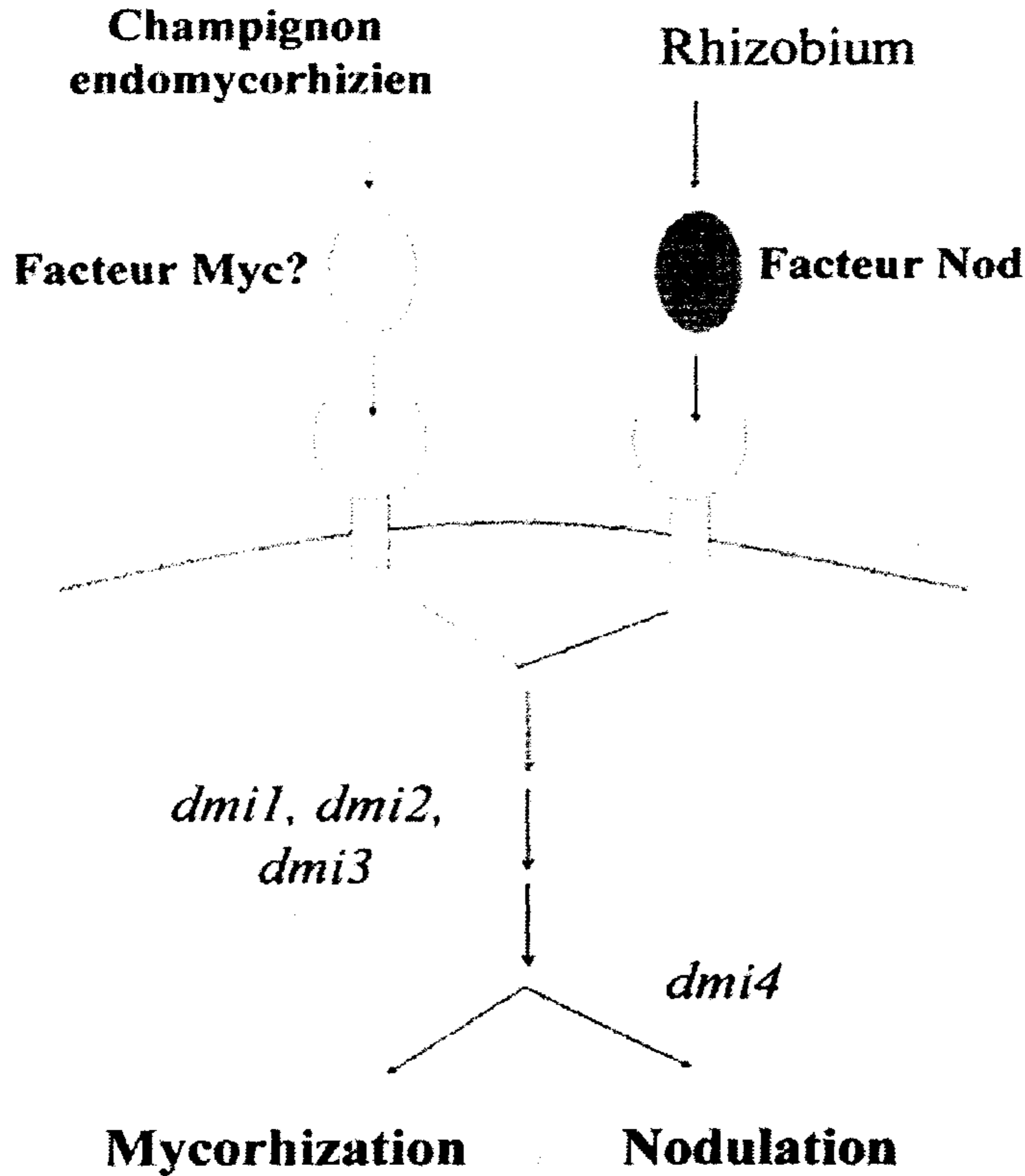
لا تشكل جينات nod إلا جزءاً بسيطاً من البرنامج التعايشي للريزوبيوم (حوالي ٢٠ مورثة من بين عدة مئات) ويتم تطوير مقاربات أكثر شمولية لتحديد مجموع الجينات المتعايشة للتعايش المجهرى. وسيتم قريباً الانتهاء من فك متتالية *Sinorhizobium meliloti*، الذى تم اختياره كريزوبيوم نموذجي، مما سيسمح بتطوير دراسة وراثية وظيفية للريزوبيوم. وسيسمح استعمال مراشح ذات كثافة عالية ومعالجات كمبيوترية بالدنا، بالمشاركة مع مقاربات وراثية، بالتعرف على مجموع جينات الجرثوم وتحديد صفاتها التي تتعرض خلال مختلف مراحل المعايضة.

## اختيار نبات بقولي نموذجي *Medicago Truncatula*

تثير عوامل Nod المنقاة استجابات مختلفة على جذور البقوليات المضيفة، وذلك بتركيز جد ضعيف (نانو إلى بيكوجزيئية). كما يمكن أن تؤدي إلى إعادة تنظيم هيكل الخلية في الشعيرات الماصة، وتعرض على نسخ جينات البقوليات، جينات ENOD، التي يتم التعبير عنها بشكل نوعي خلال المراحل المبكرة للمعايشة، وتلعب دوراً في الانقسام الخلوي وتشكل الأعضاء في الخلايا القشرية. وبالتالي فإن البقوليات تملك برنامجاً للتعايش، وعوامل Nod تفعل جزءاً من هذا البرنامج. كيف يمكننا التعرف على هذا البرنامج الوراثي للنبات؟

أظهر علم الأحياء الحديث فائدة تركيز جهود المجتمع العلمي على عضويات نموذجية. وفي مجال علم الأحياء النباتي، هناك نبتة صليبية صغيرة *Arabidopsis Thaliana* أضحت هدفاً لبرامج بحث طموحة، ويجب أن ينتهي فك رموز متالياتها خلال عام ٢٠٠٠. وحصول النتائج التي تم جمعها مؤخراً بالنسبة لهذا النبات النموذجي غزيرة جداً. لكن للأسف فإن الـ *Arabidopsis* غير قادرة على إقامة معاشات مع الريزوبיום أو مع الفطور الميكوريزية *mycorrhizians* (فطر ذو ألياف طويلة يرتبط بمعايشة مع جذور بعض الأشجار). والفطور الميكوريزية الداخلية على الشجيرات تشكل معاشات مهمة جداً. وهي موجودة عند أكثر من ٨٠% من النباتات وتسمح بتغذية معدنية أفضل، خاصة للفوسفات، حيث تمنح النبات المضيف تطاولاً شديداً لجهازه الجذري بفضل تطور شبكة واسعة من الغزل بخيوط فطرية في التربة. إن هذه المعاشات قديمة جداً وتوحي المستحاثات بوجودها منذ العصر الأولي (أي منذ حوالي ٤٠٠ مليون سنة): وبالتالي ساهم وجودها على استعمار الأرض من قبل النباتات. إن البقوليات قادرة على إقامة نموذجين من المعاشات: تشكيل درنات مع الريزوبיום وتشكيل الاندوميكوريز أي الفطور ذات الألياف الطويلة مع فطور من رتبة الـ *glomales*.

واستطاعت فرق فرنسية من الـ INRA والـ CNRS (المعهد الوطني للبحوث الزراعية، المركز الوطني للبحوث العلمية) بالتعرف على نبات بقولي هو الـ *Medicago Truncatula*، ويمتاز بأنه يملك جينومًا ذا حجم صغير، ويملك صفات مناسبة لدراسات في الوراثة الجزيئية. وتم تبني هذا النوع من قبل فرق أوروبية وأميركية عديدة، كنموذج للتعرف على برامج المعاشة في النباتات.



شكل (٤) نموذج

يجب أن يتم التعرف على عوامل Nod على سطح الشعيرات الماصة للنبات المضيف، ويتم نقل هذه المعلومة في حجر compartments مختلفة



من هذه الخلايا، وفي الخلايا المجاورة بهدف تحريض استجابات مناسبة. وهذا ما ندعوه بتتبيغ transduction إشارة الـ Nod أو الانتقال العارض للإشارة. تم عزل بعض النماذج الطافرة من *M. truncatula* ذات العلاقة في تتبيغ إشارات Nod. وكان الشيء اللافت للنظر، أن النماذج الطافرة التي حصل تغير فيها في المراحل المبكرة من شلال النقل هذا، تكون مصابة بآن واحد بالنسبة لتشكيل العقد والاندوميكوريز. وأظهر التحليل الوراثي وجود على الأقل ثلاث مراحل مشتركة في تتبيغ إشارات المعاشة القادمة من الريزوبيوم (عوامل Nod) والفطور الميكوريزية (ربما تحوى عوامل Myc) (شكل ٤). وما زالت تجرى عمليات استنساخ جينات *M. Truncatula*، التي تسيطر على مراحل تتبيغ إشارات المعاشة هذه. واكتشاف الطبيعة الكيميائية لعوامل Nod، وقليلات الأجزاء الكيتينية كان مذهلاً. ففي الواقع الجراثيم والنباتات لا تتركب الكيتين، ولم يكن واضحاً ما هو سبب استعمال الجراثيم لقليلات الأجزاء الكيتينية في حوارها مع النباتات. يمكننا الآن اقتراح نظرية أن برنامج المعاشة ريزوبيوم - بقوليات، الحديث المنشأ نسبياً، قد اقترض بعض العناصر من برنامج معاشة ميكوريزي أقدم منه. لأننا نجد أن الفطور الميكوريزية تتركب الكيتين لبناء جدار الأفطور mycélium. وهناك عدة فرق علمية من تولوز تحاول أن تحصل على عوامل "Myc" نقية لتحديد طبيعتها الكيميائية، ولتعرف إذا كانت أم لا، من قليلات الجزيئات الكيتينية. يجب أن نذكر أنه في شروط المخبر، فإن إضافة عوامل Nod تحرض ليس فقط تشكل الدرنات لكن أيضاً تشكل الاندوميكوريز. ويمارس حالياً في كل مناطق العالم وعلى نطاق واسع تلقيح البقوليات (على عشرات الملايين من الهكتارات) وذلك بتغليف البذور بواسطة سلالات مصطفاة من الريزوبيوم، ويتم ذلك بشكل خاص من أجل الصويا والفصة في الولايات المتحدة الأمريكية، كندا والبرازيل، أرجنتين وأوروبا. وهناك دراسات للتطوير، تجرى حالياً بالتعاون مع شريك صناعي، ليتم تحديد إذا كانت إضافة إشارات معاشة للتلقيح بالريزوبيوم مثل الفلافونويدات وعوامل Nod يمكن أن تسرع أو تزيد من تشكل الدرنات والميكوريز.

## دراسة الجينوم وتحديد هوية برامج المعايشة النباتية

سمحت المقاربات التقليدية لعلم الوراثة الجزيئي بتحديد هوية جينات البقوليات التي يتم تنظيمها بطريقة خاصة خلال تشكل وعمل الدرنات، وهي جينات الدرنين (nodulines). وسمحت طرق تحليل متتاليات الدنا على نطاق واسع، وتطبيق طرق مؤتمتة (automatiques) وتقنيات النانو لدراسة تهجين الحموض النووية واكتشاف طرق تضخيم الدنا (استنساخ و PCR) بتطوير اختصاص جديد هو علم الجينوم. ويهدف لدراسة بنية وتعبير الجينوم بشكل عام، وذلك بتحديد هوية ليس فقط بضع عشرات من الجينات لكن مجموع جينات عضوية ما، أى الآلاف من الجينات.

ويتم فى الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا تطوير برامج علم الجينوم بالنسبة لنموذج البقوليات أى *Medicago truncatula*. وهدف مشاريع دراسات الجينوم الوظيفية تحديد وتحليل متتاليات أكبر عدد ممكن من الجينات التى يتغير تنظيم تعبيرها خلال تشكل الدرنات وتشكل الاندوميكوريز والجينات المشتركة لنوعى المعايشة: تحديد البرنامج الوراثة للمعايشات الداخلية فى جذور النباتات. ومشاريع دراسة الجينوم البنيوية تهدف إلى رسم خرائط جينية وفيزيائية للصبغيات الثمانية، ودراسة توزع الجينات، خاصة المسئولة منها عن المعايشة، على هذه الصبغيات. وتم إظهار أنه ضمن عائلة نباتية واحدة، نلاحظ أن هناك محافظة على ترتيب الجينات الموزعة على طول الصبغى. ويبرر وجود هذا العمل المشترك تطور دراسة الجينوم المقارنة للبقوليات، أى استغلال البقولية النموذجية لتسهيل الدراسة الجينومية للبقوليات ذات الفائدة الزراعية مثل الصويا، أو الحمص، الفستق، والفاصولياء، والفل المصرى بالنسبة للبقول ذات البذور، والفصة (البرسيم) والنفل بالنسبة للنباتات العلفية.

وتشكل البقوليات فى الواقع المصدر الأساسى للبروتينات النباتية أكان ذلك بالنسبة لتغذية الإنسان (الصويا فى آسيا، الفاصولياء والحمص) أو بالنسبة لتربية

الأبقار والخنازير والدواجن. وحصلت مؤخرًا بعض الأحداث (مثل مرض جنون البقر) أظهرت أن استعمال مصادر بروتينية غير نباتية في تغذية الحيوان ليست خالية من المخاطر. ومن جهة أخرى تمثل البقوليات أفضل وسيلة لإنتاج بروتينات نباتية في إطار زراعة مستدامة ومحترمة للبيئة. وفي الواقع فإن قدرتها على تثبيت الآزوت يجعل استعمال الأسمدة الآزوتية غير ضروري. إن تركيب، نقل، ونشر الأسمدة الآزوتية يستهلك محروقات مستحاثية (طنين من الفول fuel لكل طن من النشادر)، ويساهم بذلك في أثر الدفينة. وأظهرت دراسات حديثة أن إضافة البقوليات في دورات زراعية، ينقص من ضياعات الآزوت بالغسيل وتلوث المياه الجوفية بالنترات. إن تطور دراسة جينوم نبات بقولي نموذجي يجب أن يساهم في التحسين الوراثي للبقوليات ذات الفائدة الزراعية، وفي تطور زراعة أكثر ودًا للبيئة وللمستهلك.

## غو تثبيت متعايش للأزوت في الحبوب

هناك هدف مهم جدا للمساهمة في تطور زراعة مستدامة، هو تعميم القدرة على تثبيت الآزوت على نباتات أخرى تزرع على مساحات كبيرة غير النباتات البقولية، كالحبوب مثلاً. يتم حالياً دراسة عدد من الاستراتيجيات:

١- إدخال جراثيم مثبتة للأزوت في نطاق جذور النباتات. لكنها في نطاق جذور النباتات تتعرض لمنافسة من نباتات مجهرية غزيرة جداً وتكون المبادلات الاستقلابية مع النبات المضيف محدودة جداً. وبالتالي كمية الآزوت المثبتة والمنقولة إلى النبات قليلة (ولا تتجاوز ٥ كغ آزوت لكل هكتار).

٢- تملك الجراثيم المثبتة للأزوت حوالي ٢٠ جينة nif تسيطر على تركيب معقد أنزيمائي (نيتروجيناز) مسئول عن إرجاع الآزوت الجزيئي إلى

نشادر. ومن هنا نشأت فكرة استعمال الهندسة الوراثية لنقل جينات *nif* جرثومية مباشرة ضمن جينوم النباتات، بهدف خلق نباتات مثبتة للأزوت. ويمكن استهداف عضويات من النباتات مثل الكلوروبلاست أو الميتوكوندريا (الصانعات الخضراء أو المتقدرات *endosymbiotique bactérienne*)، التى لديها أصول تعيش داخلى جرثومى، ويجب أن تشكل وسطاً أكثر ملاءمة لتعبير الجينات الجرثومية. ومؤخراً تم إدخال جينة *nifH* ضمن صانعة يخضور (كلوروبلاست) لنوع من الطحالب وحيد الخلية هو *Chlamydomonas* مما سمح بالتركيب الحيوى لبروتين *nifH* وظيفى. وتعتبر هذه النتيجة مشجعة جداً، لكن مشروع إدخال كل جينات *nif* المطلوبة (حوالى 15)، مع مستوى تعبير مُرضٍ ومتوافق مع فيزيولوجيا العضيات *organites* والنبات، وإن لم يعد تمامًا من مشاريع الخيال العلمى، فهو ما زال من المشاريع بعيدة المدى.

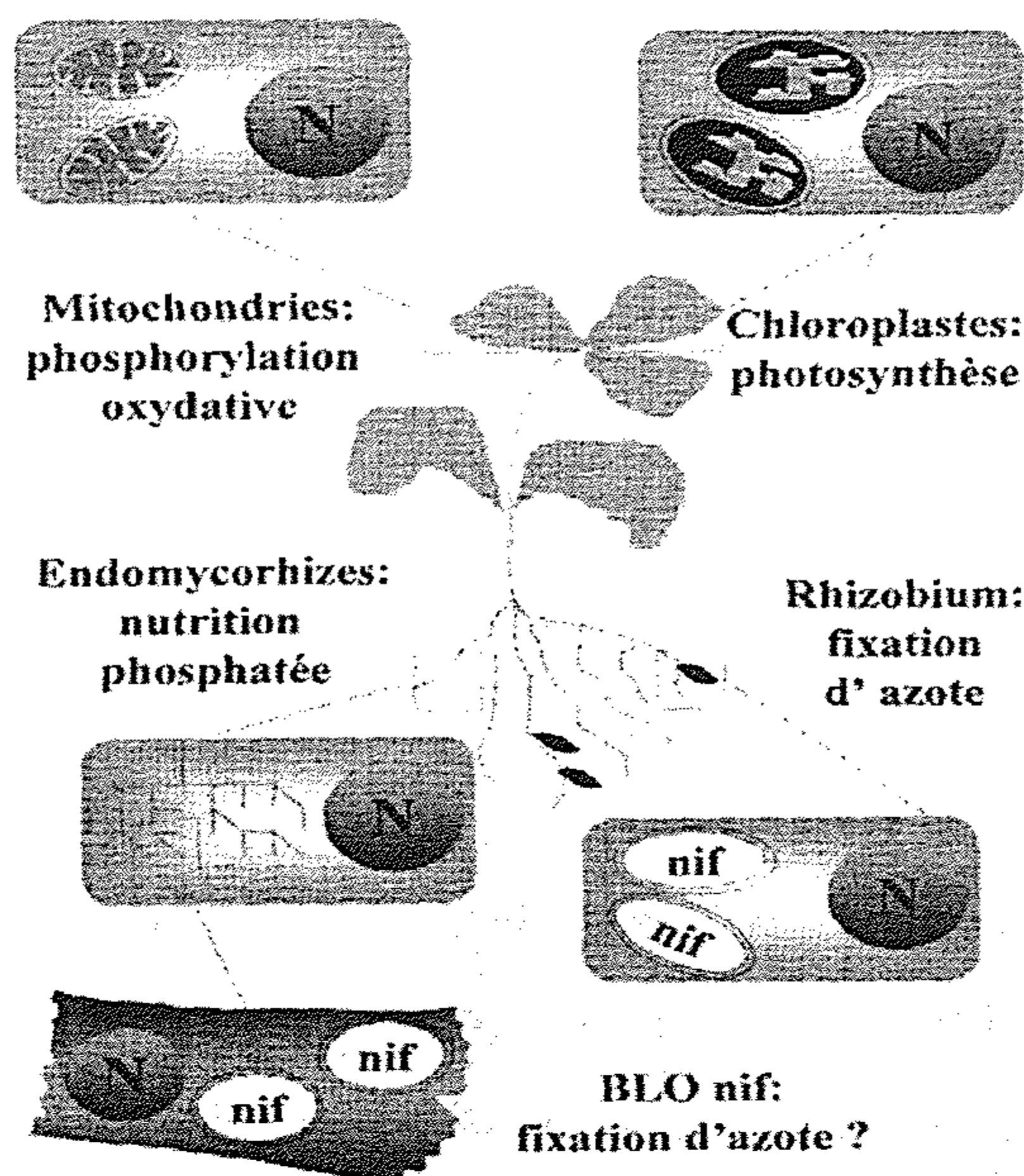
٣- هناك مشروع آخر بعيد المدى ويهدف إلى نقل إمكانية تصنيع الدرنات المثبتة مع الريزوبيوم للحبوب. أى بمعنى آخر نقل جزء أو كامل برنامج تشكيل الدرنات من البقوليات إلى الحبوب. واكتشاف أن جينات البقوليات تسيطر فى آن واحد على تشكل الدرنات وعلى الأندوميكوريز يوحى بأن مثل هذه الجينات موجودة فى الحبوب مثل الأرز، القمح، والذرة وهى قادرة على تصنيع الأندوميكوريز. ويهدف مشروع جينوم وظيفى إلى تحديد البرنامج الوراثى للأندوميكوريز فى نبات الأرز. وستسمح مقارنة برامج المعيشة الداخلية للبقوليات والحبوب بتحديد الجينات المسؤولة عن المعيشة الداخلية الموجودة سلفاً فى الحبوب وتلك التى يجب إدخالها انطلاقاً من جينوم البقوليات.

٤- وهناك اكتشاف حديث، تم بواسطة الفريق الذى تقوده باولا بونفانتى Paola Bonfante من جامعة تورينو، يمكن أن يغير كل الآفاق المستقبلية. وبرهن هذا الفريق أن بعض الفطور الأندوميكوريزية مثل

*Gigaspora margarita* تحتوى جراثيم داخل خلوية داخل الأبواغ لكن أيضا فى الجذر. وبرهنت دراسات تضخيم الجينات أن هذه الجراثيم تنتمى لنوع *Burkholderia* وأنها تملك جينات *nif*، خاصة الأوبيرون (*opéron*) *nifHDK* الموجود عند كل الجراثيم المثبتة للآزوت والتي ترمز لمركبى الأنزيم نتروجيناز. وفى الوقت الراهن يقوم تعاون بين فريق باولا بونفانتى، وفرق من تولوز ومونبلييه بهدف دراسة القدرة على تثبيت الآزوت لدى الميكوريز. إن اكتشاف جراثيم *nif* متعايشة داخليًا للميكوريز سوف تفتح آفاقًا جديدة للبحث. وفى الواقع فإن الأهمية الكبرى للمعايشة الأندوميكوريزية أنها موجودة لدى معظم النباتات المزروعة، بما فيها الحبوب. ووجود بعض الفطور الميكوريزية التى تملك جراثيم متعايشة داخليًا قادرة على تثبيت الآزوت سيفتح الطريق أمام اصطفاء سلالات مثبتة بشدة للآزوت ومتعايشة مع الحبوب الأكثر أهمية. ومن جهة أخرى فإن علم الوراثة واصطفاء النباتات المزروعة، خاصة الحبوب، يجب أن يأخذ بعين الاعتبار القدرة على إنشاء شراكات ميكوريزية، وهذه الصفة لم تؤخذ بعين الاعتبار مطلقًا فى الاصطفاء النباتى فى مرحلة البحوث الزراعية (النصف الثانى من القرن ٢٠) التى قامت على الاستعمال الكثيف للأسمدة الكيميائية الآزوتية والفوسفاتية.

يبدو أن المعايشة الداخلية قد لعبت دورًا حاسمًا فى التطور، وذلك عندما سمحت للخلايا باكتساب عضيات *organites* تلعب دورًا مفتاحيًا فى استقلاب الطاقة. فالميتوكوندريا (المتقدرات) هى عضيات ضمن خلايا حيوانية ونباتية تسمح بالتنفس الخلوى وتركيب الطاقة على شكل ATP (أدينوزين ثلاثى الفوسفات). وهى على الغالب نشأت من شراكة بين خلية حقيقية النواة بدئية لا هوائية، وجراثيم هوائية. واندماجهما المستمر سمح بتشكيل خلايا قادرة على استعمال الأكسجين للحصول على طاقتها من التنفس (شكل ٥). والشئ ذاته بالنسبة لصانعات اليخضور (كلوروبلاست)، وهى عضيات تم الحصول عليها

على الغالب بفضل معايشة داخلية مع جراثيم زرقاء قادرة على التصنيع الضوئي مما سمح للنباتات بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية (ATP). نحن هنا أمام مرحلتين مهمتين أثناء التطور غيرتا من عمل الغلاف الحيوي وسمحتا بانتشاره. وخلال القرن ٢١ سيكون على البشرية أن توافق بين تزايد سكاني في الجنس البشري المحتاج إلى بروتينات، وضرورة استغلال لبيئتنا بأفضل شكل وبطريقة مستدامة: هنا أيضا قد تكون المعايشات الداخلية هي التي ستسمح بالعثور على الحل. نحن أمام أشكال تتداخل في بعضها في المعايشة الداخلية: فالنبات يستضيف ضيوفه ويقدم لهم الكربون والطاقة، وفطر اندوميكوريزي يمتاز بالتواجد في كل مكان، والذي يستثمر التربة بواسطة افطاره mycélium المنتشر، ومحسن التغذية الفوسفاتية والمائية للمجموعة ويحوى داخله جرثومة متعايشة داخليًا مثبتة للأزوت.



شكل (٥)

اكتساب وظائف استقلابية جديدة بواسطة المعايشة الداخلية

تم تحضير الأشكال التوضيحية من قبل فرديريك ديبلية Frédéric Debellé  
وشارل روزنبرغ Charles Rosenberg (CNRS - INRA Toulouse).



1. DOMMERGUES (Y.), DUHOUX (E.), DIEM (H.-G.), *Les Arbres fixateurs d'azote*, Montpellier, Éd. Espace 34, 1999, 528 p.
2. LEROUGE (P.), ROCHE (P.), FAUCHER (C.), MAILLET (F.), TRUCHET (G.), PROMÉ (J.-C.), DÉNARIÉ (J.), « Symbiotic host-specificity of *Rhizobium meliloti* is determined by a sulphated and acylated glucosamine oligosaccharide signal », *Nature*, n° 344, 1990, p. 781-784.
3. DÉNARIÉ (J.), DEBELLÉ (F.), PROMÉ (J.-C.), « *Rhizobium* lipo-chitooligosaccharide nodulation factors : signaling molecules mediating recognition and morphogenesis », *Ann. Rev. Biochem*, n° 65, 1996, p. 503-535.
4. SCHULTZE (M.), KONDOROSI (A.), « Regulation of symbiotic root nodule formation », *Ann. Rev. Genetics*, n° 32, 1998, p. 33-57.
5. YANG (G.-P.), DEBELLÉ (F.), SAVAGNAC (A.), FERRO (M.), SCHILTZ (O.), MAILLET (F.), PROMÉ (D.), TRILHOU (M.), VIALAS (C.), LINSTROM (K.), DÉNARIÉ (J.), PROMÉ (J.-C.), « Structure of the *Mesorhizobium huakuii* and *Rhizobium galegae* Nod factors : a cluster of phylogenetically related legumes are nodulated by rhizobia producing Nod factors with  $\alpha$ ,  $\beta$ -unsaturated N-acyl substitutions », *Molec Microbiol.*, n° 34, 1999, p. 227-237.
6. TRUCHET (G.), ROCHE (P.), LEROUGE (P.), VASSE (J.), CAMUT (S.), DE BILLY (F.), PROMÉ (J.-C.), DÉNARIÉ (J.), « Sulphated lipo-oligosaccharide signals of *Rhizobium meliloti* elicit root nodule organogenesis in alfalfa », *Nature*, n° 351, 1991, p. 670-673.
7. GIANINAZZI-PEARSON (V.), « Plant cell responses to arbuscular mycorrhizal fungi : getting to the roots of the symbiosis », *Plant Cell*, n° 8, 1996, p. 1871-1883.
8. DRINKWATER (L.E.), WAGONER (P.), SARRANTONIO (M.), « Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses », *Nature*, n° 396, 1998, p. 262-265.
9. LADHA (J.-K.), REDDY (P.-M.), *The Quest for Nitrogen Fixation in Rice*, Makati City, International Rice Research Institute, 2000, 354 p.
10. BIANCIOTTO (V.), BANDI (C.), MINERDI (D.), SIRONI (M.), TICHY (H.-V.), BONFANTE (P.), « An obligately endosymbiotic mycorrhizal fungus itself harbors obligately intracellular bacteria », *Appl. Environ Microbiol.*, n° 62, 1996, p. 3005-3010.

## المصنع الكيميائي النباتي<sup>(٤)</sup>

بقلم: ألين-ميشيل بوديه

Alain-Michel BOUDET

ترجمة: د. سامر اللاذقاني

إن موقفنا متناقض غالباً تجاه العالم النباتي. فمن جهة ننظر إليه بتساوٍ ونعطيه شكلاً بشرياً، وأفلاطون مثلاً كان يعتقد أن النباتات حيوانات مشوهة وأن أوبارها المغروزة في التربة أعطت الجذور. ومن جهة ثانية فإننا نظهر اهتماماً ضمنياً تجاه أسرار ومنافع العالم النباتي الكامنة.

ومهما يكن، فإن جزءاً محدوداً من معاصرنا يرى أننا، من أجل بقائنا على قيد الحياة، مرتبطون تماماً بالنباتات، التي تم ستر دورها الأساسي بواسطة مجموعة من الحجب التي تتوافق مع آليات تحويل المنتجات النباتية في عالم صناعي.

ويمكن تصوير هذه التبعية بسيناريوهين من الخيال العلمي: إذا ألغينا الحياة النباتية من على سطح كوكبنا، فإن الحياة الحيوانية ستختفي فوراً. أما إذا ألغينا الحياة الحيوانية، فإن عالم النبات سيستمر في الازدهار.

ما هي إذن نقاط تفوق النظام النباتي، الذي يبدو ظاهرياً بسيطاً جداً، مع القليل من الأعضاء المختلفة وغياب في الوظائف التي ندعوها متطورة حسب مقياس قيمنا: مثل الحركة، جهاز الهضم، الجهاز العصبي.

---

(٤) نص المحاضرة رقم ٩ التي أقيمت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٩ يناير ٢٠٠٠.

## النباتات كمنتجة أولية فى النظام البيئى

إن النباتات، كعضوية تنمو فى نقطة النقاء الوسط الهوائى والوسط تحت الأرضى، تظهر مجموعة من الكفاءات التى تتفرد بها:

١- القدرة على استخلاص، بفضل تكيفات شكلية، العناصر الموجودة فى هذين الوسطين ولو بتركيز قليلة (غاز ثانى أكسيد الكربون، أملاح معدنية،...)

٢- القدرة بفضل ظاهرة التمثيل الضوئى التى عمرها حوالى ٣ مليارات سنة على تحويل غاز الكربون إلى مائيات أو هيدرات الفحم (glucides simples) باستغلال الطاقة الضوئية.

٣- القدرة على تحويل هذه المنتجات الأساسية عبر العديد من التفاعلات الأنزيمائية إلى آلاف من الجزيئات المتنوعة وغالبًا المعقدة.

وإذا تعمقنا أكثر فى دارات المصنع الكيميائى النباتى، فإننا نجد أن المنتجات النهائية الصادرة عنه تنتمى إلى ٣ مجموعات: كيمياء الحى، الكيمياء الثقيلة والكيمياء الدقيقة. تمثل الأولى وسطاء فى الحلقات الاستقلابية الكبيرة، البروتينات والإنزيمات ذات العلاقة فى الآليات الأساسية للتناسخ، نقل المعلومات، تركيب البروتينات، النقل الخلوى، التنظيم، إلخ. وهى جزيئات لا غنى عنها للعمل الأساسى للعضوية النباتية والتى نجدها محفوظة بشكل جيد فى مختلف الكائنات مما يؤكد وحدة العالم الحى.

أما منتجات الكيمياء الثقيلة فهى مكوثرات polymères أكثر نوعية للنباتات تقوم بمراكمتها بشكل كبير استجابة لاستراتيجيات التكيف على مستوى عملها العام. وهى تشكل سواد الكتلة الحيوية النباتية.

أما منتجات الكيمياء الدقيقة أخيرًا فهى تعبّر عن القدرات الهائلة للنباتات فى التركيب، والتى جماعيًا، تتركب بضع عشرات الآلاف من البنى المختلفة التى تعكس تنوع الأصناف النباتية وتضمن القيام بالوظائف الأساسية فى العلاقات بين النبات ومحيطه.

وسنتناول في هذا البحث فقط منتجات الكيمياء الثقيلة والكيمياء الدقيقة التى تعبر بشكل خاص عن قدرات ونوعية المصنع الكيميائى النباتى.

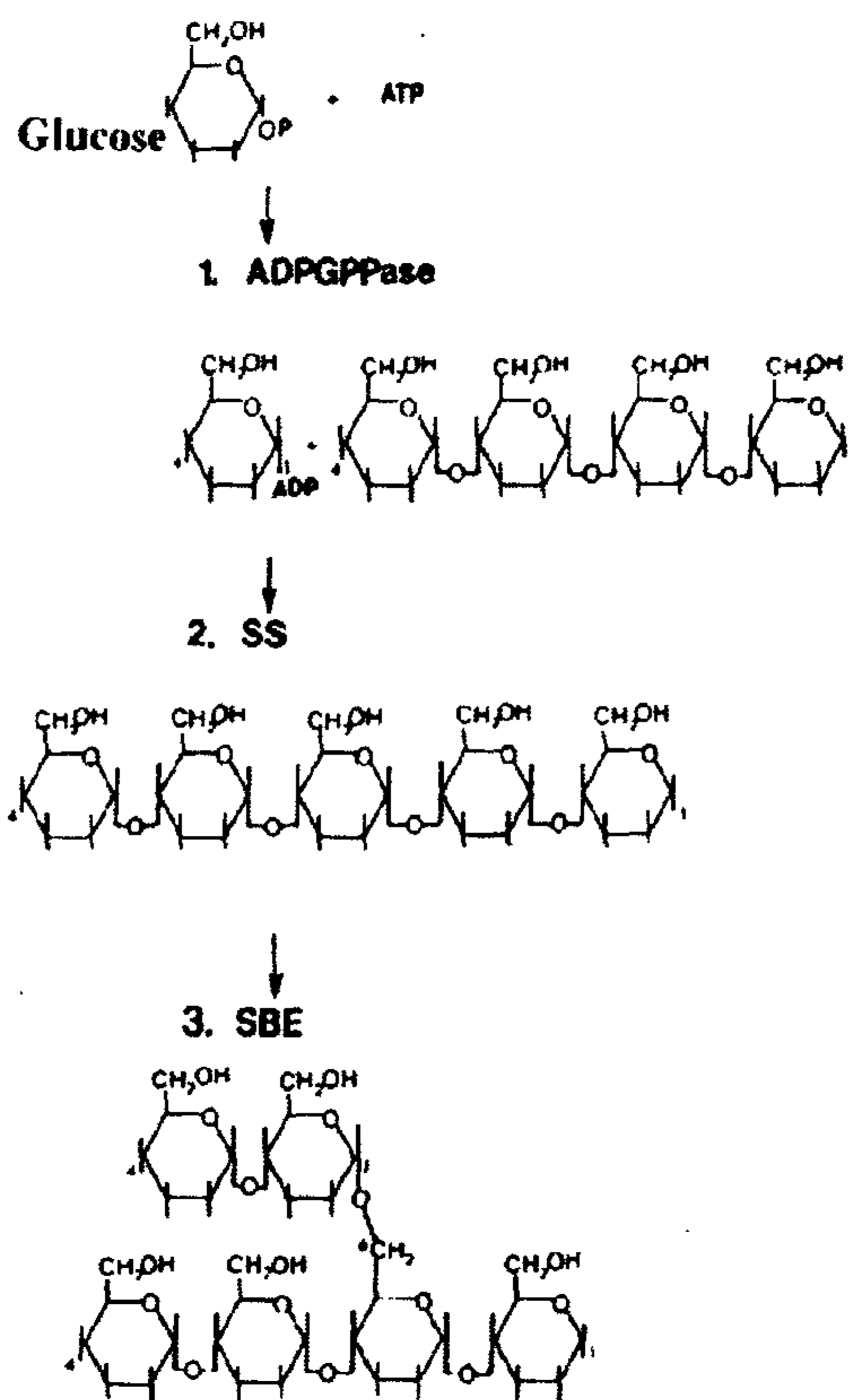
### الكيمياء الثقيلة: بساطة ووحدة العالم النباتى، أساس الأغذية والمنتجات الصناعية

يضم نشاط الكيمياء الثقيلة النشاء والسلوز والخشبين lignines... إلخ. لائحة المنتجات هذه تتعلق بالمركبات الكبيرة، ولكنها ليست شاملة. ويمكن أن نضيف لها بروتينات الادخار فى البذور، ومكوثرات polymères السطح مثل الكوتين cutine والسوبرين subérine.

نجد هذه المكوثرات بشكل ثابت وعلى علاقة بالوظائف القائمة، إما فى البذور (أو أعضاء الادخار الأخرى مثل الدرناات) أو فى جدر الخلايا التى تحدد هيولى cytoplasme الخلايا النباتية وتؤمن الهيكليّة والصلابة النسبية للنسج والأعضاء.

يمثل النشاء والسلوز نسختان من كيمياء بسيطة نسبياً وتعتمد على كوثرة سكر العنب (الغلوكوز). وينتج النشاء عن اتحاد الذراع  $\alpha$  لسكر العنب بروابط غليكوزيدية بين الكربون ١ و ٤ لوحدتين متعاقبتين (روابط  $\alpha 1 - 4$ ). والشكل ١ يوضح المراحل المختلفة لتركيب النشاء. واتحاد وحدات سكر العنب بواسطة الروابط  $\alpha 1 - 4$  تؤدي إلى أحد مركبات النشاء: سلاسل خطية من الأميلوز التى يمكن أن تأخذ فراغياً تموضعاً لولبياً. وعلى هذه السلاسل الخطية من الأميلوز يمكن أن تتركب تفرعات جانبية من الأميلوبكتين بواسطة روابط  $\alpha 1 - 6$  بتداخل من أنزيم تفرع النشاء (SBB). ويتموضع النشاء على شكل حبيبات قطرها من ١٠ إلى ١٥٠ ميكرون فى محيط رشيم الحبوب albumen أو فى درناات نباتات مختلفة بما فيها البطاطا. وتراكم النشاء فى هذه الأعضاء يفسر لماذا هى القسم الذى يتم جنيه. "تجاح" الحبة إذا يعود إلى قدرتها على جعل تراكيز كبيرة من المواد المغذية

كالنشاء تتراكم فيها. وهكذا نرى أن المنتجات الزراعية الأربعة الأولى في العالم أى الأرز، القمح، الذرة والبطاطا تكافئ إنتاجًا كليًا سنويًا يقدر بـ ١,٥ مليار طن، وتخزن النشاء في أعضاء التخزين فيها. الأرز والقمح يقدمان حوالى نصف الحريرات التى يأكلها الجنس البشرى. وكما سنرى، فإن للنشاء بالإضافة إلى الأهمية الغذائية، استعمالات صناعية متعددة.



شكل (١)

التركيب الاصطناعى للنشاء

تبعًا لـ Martin et Smith, Plant Cell, 1995

وكما هي حال النشاء، فإن السلولوز هو مكوثر وحيد (homopolymère) للغلوكوز لكن في حال الأخير فإن الذراع  $\beta$  للغلوكوز هو صاحب العلاقة في رابط غلوكوزيدى بين الكربون ١ و ٤ من الوحدات المتلاصقة. ويقود مثل هذا النوع من الشراكات إلى مكوثر خطى، سلسله العديدة (حوالى الثلاثين) يمكن أن تتشارك لتعطى أليافاً مجهرية من السلولوز بحالة بلورية ستلعب دوراً بانيئاً فى الجدار النباتى.

يمثل السلولوز الجزىء العضوى الأكثر انتشاراً فى الغلاف الحيوى، ويعادل حوالى نصف المادة العضوية التى يتم تركيبها كل عام من قبل أعضاء التمثيل الضوئى الأرضية (أى حوالى ٥٠ مليار طن سنوياً).

وبالإضافة إلى دورها المهم فى النباتات، فإن هذه المكوثرات يتم استثمارها فى النشاطات الإنسانية. فالنشاء هو أساس التغذية البشرية، لكن يستعمل أيضاً فى الصناعات الغذائية كمواد إضافية أو رابط غذائى أو كمركب إيزوغلوكوز عبر آليات التحويل... أو ضمن نشاطات صناعية وصفية متنوعة، أو كمواد إضافية فى معاجين الورق، المواد اللاصقة أو البلاستيكية...

والسللولوز الذى يتم هضمه من قبل الحيوانات العاشبة المجتررة يدخل ضمن السلاسل الغذائية. لكن استعماله الصناعى أكثر وضوحاً، فهو يمثل أساس ألياف النسيج أو الصناعة من مصادر مختلفة: قطن، كتان، قنب...

ومع ذلك فإن دوره الأساسى فى إنتاج معجون الورق ومشتقاته (ورق، ورق مقوى) يمثل استعماله الأوسع انتشاراً. والقيمة الاقتصادية عالمياً لمعجون الورق والورق المقوى المنتجة سنوياً هي حوالى ٧٣٥ مليار دولار. ويتزايد الطلب بشكل مستمر ويتناسب غالباً مع درجة تطور مختلف البلدان. إن إعادة تدوير Recyclager الأوراق والورق المقوى يأخذ أهمية متزايدة. ويقودنا مثال الخشبين lignines، المكوثر الحيوى الثانى فى الانتشار بعد السلولوز لدى النباتات (٢٥%) من الكتلة الحيوية الأرضية) إلى مفهوم التطور الكيميائى الحيوى. إن مركبات

الخشبين ليست وصفية إلا لدى النباتات الوعائية أو trachéophytes. لقد كانت أولى النباتات الأرضية هي bryophytes وتمثلها الطحالب، محرومة منه. الخشبين هو مكوثر فينولى معقد جدا، وتركيب الخشبين هو نتيجة تكوثر عدد محدد (أقل من ثلاثة) من الوحدات وحيدة الجزء، هي المونو ليغنول، ولكن تعقيدها ناجم عن الشراكة الممكنة لهذه الوحدات بواسطة روابط كيميائية مختلفة دون أى صفة منظمة أو متكررة. وينجم عن ذلك مكوثر عاطل كاره للماء، الذى لدى تموضعه على الجذر يمنحها صلابة ومقاومة ميكانيكية كبيرة، ويزيد من درجة كرهها للماء.

وسمحت الخشبين بنقلة مهمة فى تطور العالم النباتى: الانتقال من وضعية زاحفة (طحالب) إلى وضعية منتصبية (سراخس) وهى الوضعية التى نعرفها بالنسبة لكل النباتات الأكثر تطوراً gymnospermes و angiospermes. وهذه البنية الجديدة تسمح بشغل أفضل للفراغ مما يضيف ميزات تكيفية جلية. إضافة إلى ذلك فإن قيام جهاز وعائى حقيقى على مستوى الخلايا المتخشبة (أوعية وقصيبات trachéides) سمح بتبادلات على مسافة بعيدة داخل النبات. تم هذا الانتقال منذ حوالى ٣٥٠ مليون سنة، ومن المثير للاهتمام أن نلاحظ، أن التعقيد الكيميائى للخشبين قد ازداد خلال التطور.

وحتى يستطيع النبات اكتساب بنية جديدة ووظائف جديدة، اضطر إلى إيجاد حلول كيميائية معقدة ومكلفة على مستوى الطاقة عكس ما كنا رأيناه فى المكوثرات السكرية.

وإذا كان الخشبين ضرورياً للاستراتيجيات التكيفية للنباتات المنتصبية، فإن الإنسان على عكس المكوثرات السابقة لا يعرف كيف يستغله. فهو يؤثر سلبيًا على انهضام الأعلاف من قبل الحيوانات المجتررة، ويجب استخلاصه من الخشب عبر آليات مكلفة من جهة الطاقة، ومسببة للتلوث، وذلك على مستوى صناعات عجينة الورق.

## الكيمياء الدقيقة: تنوع وتعقد المنتجات، تعدد الوظائف بالنسبة للنبات وفي النشاطات الإنسائية

تم أحياناً تجميع مركبات الكيمياء الدقيقة ضمن مجموعة المستقلبات *metabolites* الثانوية لأنها على مستوى التكوين الحيوى تشتق كلها من المستقلبات الأولية، وأيضاً لأنها ليست ضرورية للعمل الأساسى للخلية.

وساهمت الأبحاث فى السنوات الأخيرة فى إثبات أن هذه المركبات تتداخل بشكل وثيق فى التفاعلات بين النبات ومحيطه وخاصة المحيط الحيوى. وهذه المركبات هى ثمرة التطور الكيميائى الحيوى الذى أقام سلسلة تفاعلات أنزيمائية جديدة وغالباً معقدة على صورة ما قمنا بتحليله على مستوى الخشبين، والتى تنجم غالباً عن ظواهر تطور مشترك بين النبات والعضويات الأخرى فى محيطه.

والعائلات الكيميائية الرئيسية الثلاث الممثلة لنواتج الكيمياء الدقيقة هى المركبات الفينولية *phénoliques*، التربينات *terpènes* والقلويدات *alcaloïdes*. وتضم كل واحدة منها حوالى عشرات الآلاف من البنى الكيميائية المختلفة. وهذه اللائحة ليست شاملة، ويمكن أن نضيف لها السابونين، البيتالائين (المسئولة عن الألوان الأحمر والبنفسجى للشوندر وأزهار نبتة الجهنمية) الغلوكوزينولات التى تعطى المذاق الحاد للصليبيات، الغلوكوزيدات المؤلدة للون الأزرق... وتموضعها فى النبات متنوع جداً على مستوى أعضائه، لكن على المستوى الخلوى فغالباً يكون الأمر عبارة عن تراكم حوىصلى. *vacuolaire* كما تلعب دوراً فى الاتصال والتكيف مع المحيط الحيوى واللاحيوى.

وتحوى المركبات الفينولية بشكل مشترك على الأقل هيدروكسيل فينولى على نواة بنزينية. أما الفلافونويدات المؤلفة من ١٥ ذرة كربون فهى غالباً مسئولة عن ألوان الأزهار والثمار. وطرق تركيب الفلافونول والانتوسيان، وكلهما من تحت - صف عائلة الفلافونويدات الكبيرة، تبدأ اعتباراً من طليعة عامة للتركيب الفينولى هو الكومارويل- كوانزيم A، (وهو استر بين الحمض الكومارينى



والكوانزيم A). أما الفلافونول من نموذج الكفيرسيتين أو الكيمبفرول فهي غالبًا مسئولة عن اللون الأصفر. الأنثوسيان أو أزرق الزهور ممثل بشكل جيد في نبات التبغ. كما أن هناك غليكوزيدات مثل البيلارغونيدين (اللون الأحمر القرمي) والسيانيدين (اللون الأحمر) والدلفينيدين (اللون الأزرق).

وطبيعة المراحل الأنزيمائية والجينات الموافقة لها، التي تتوسط مختلف التفاعلات أصبحت معروفة بشكل جيد (وليست هذه حال كل المركبات الفينولية أو العائلات الأخرى من المواد الطبيعية). وتم البرهان على أن تبدلات طفيفة في البيئة الكيميائية لجزء أساسي، مثلاً عدد جذور الهيدروكسيل بالنسبة للأنثوسيانين تؤدي إلى تغيير في اللون. وأخيراً فإن هذه البنى يتم مصادفتها غالباً تحت شكل غليكوزيد (أي ارتباط مع الغلوكوز أو أي - أوز oses أخرى) مما يسهل انحلالها المائي وتراكمها في الحويصلات.

وتمتلك المركبات الفينولية وظائف متعددة في النباتات. وفي حالات كثيرة تقوم هذه المركبات بدور حامٍ أو رادع أو سام تجاه العضويات المجهرية الممرضة أو الحشرات.

وبالنسبة للعضويات المجهرية يمكن أن نذكر مثالين:

- المركبات مسبقة التشكل مثل الفلافان التي تراكمت في النسيج تحت البشرة في نباتات الموز تؤمن المقاومة ضد السيركوسبوريز cercosporiose.
- المركبات التي يتم تركيبها استجابة لهجوم من قبل عامل ممرض بعض مكوناته (السامة) ستطلق مركبات الدفاع الالكسينات النباتية phytoalexines. وكمثال عنها نذكر أيضاً الريسفيراترول resvératrol، stilbène بالنسبة لكروم العنب، أو الإيزوفلافون isoflavones من نموذج البيزاتين pisatine في البازلاء.

وهناك مركبات بسيطة طيارة مسئولة عن عبير مختلف المنتجات (الفانيلين في الفانيليا، أوجينول في الموز، سينامات المثيل في الفريز...). وتُضفي

الفلافونويدات أحياناً شعوراً بالقبض (عص التفاح الأخضر والسفرجل) أو المرارة (النارنجين في الكريفون). وبعض المركبات الأخرى تتداخل بشكل سلبي في آليات التلوّن بالبنى المسببة للجروح أو حوادث الحفظ (مثل حال الحرارة المنخفضة بالنسبة للأناناس). وعلى مستوى التغذية فإن خواص الفلافونويدات المضادة للأكسدة في تغذيتنا يمكن أن ترتبط بدور واق تجاه أمراض خطيرة مثل الأمراض القلبية أو السرطان.

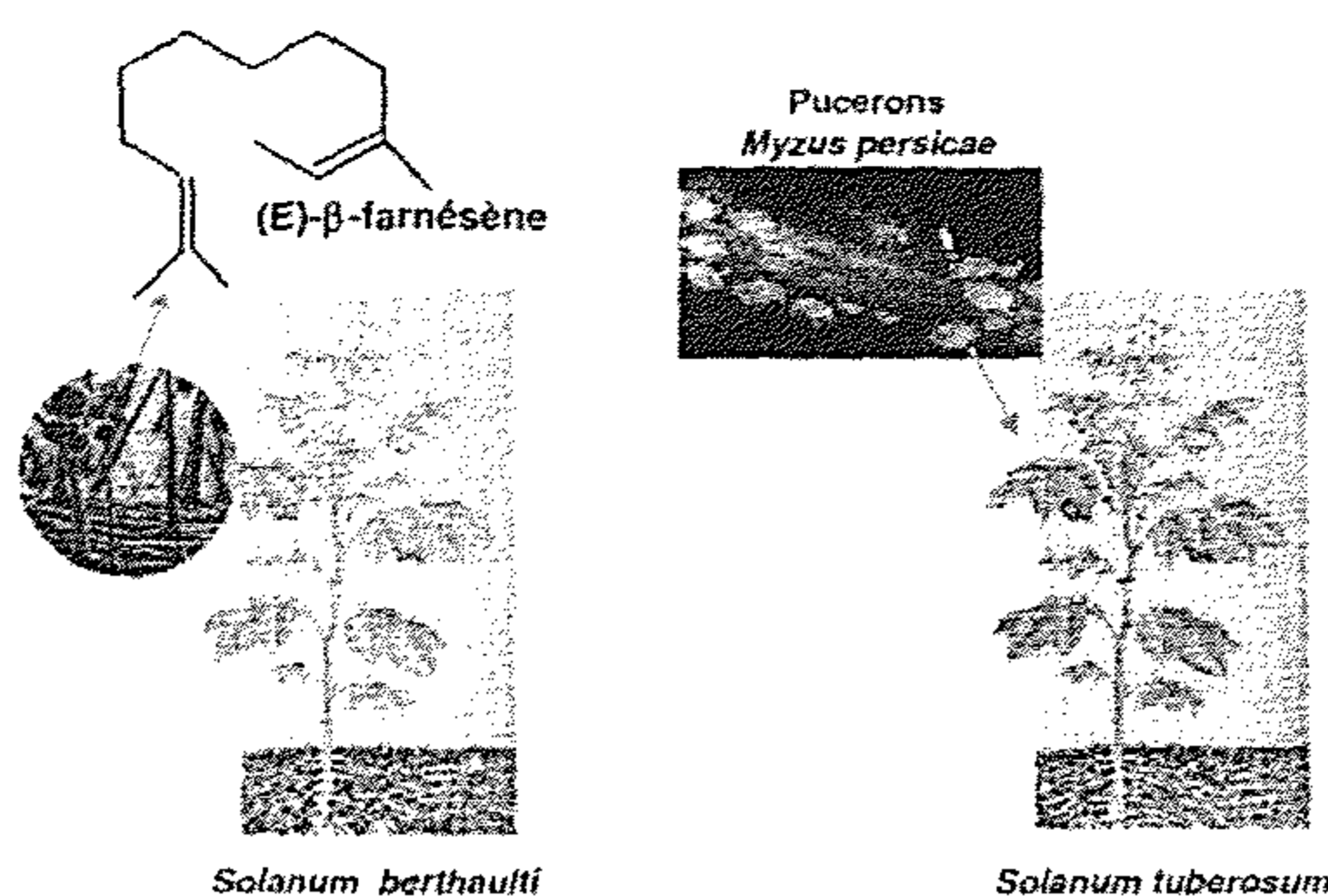
وتتميز التربينات (terpènes) بتجانس كيميائي كبير. وهي مشتقة من نموذج بنيوي وحيد، هو بيروفوسفات الايزوبنتيل الناجم عن الاستيل كوانزيم A الذى ستؤدى كوثرته إلى تربينات متزايدة التعقيد. وكمثال عن البولى تربين نذكر اللاتكس الذى يحصل عليه من شجرة الهيفيا.

وتمثل التربينات الوحيدة الطيارة أساس الخلاصات العطرية لأنواع مختلفة ولها بنى كيميائية متنوعة. فنجد الجيرانيلول بالنسبة للغرنوقي *géranium*، النيرول بالنسبة للورد، والمنتول بالنسبة للنعنع، التيمول للزعر... ويتم جمع هذه المركبات تحت مصطلح الزيوت الأساسية ولها استعمال مهم فى صناعة العطور، ومواد التجميل والأدوية.

ويمكن للتربينات الطيارة أن تلعب دوراً مهماً فى العلاقات بين النبات والحشرات. فالنوع الأكثر زراعة من البطاطا *Solanum tuberosum* حساس تجاه نوع من الحشرات (الأرقة) هى *Myzus persicae* التى تنقل فيروسات تؤثر بشكل ضار جداً على الإنتاج (شكل ٢). لكن صنفاً برياً هو *S. berthaulti* لا تتم إصابته من هذه الأرقا. وهذا التصرف النوعى مرده إلى إصدار سيسكى تربين على مستوى الشعيرات الغددية الجذرية هو بيتا- فارنيزين. وهذا الأخير يلعب دور هرمون شمى منذر بالأخطار لدى الحشرات. إذ يتم إرسال هذه الإشارة الكيميائية فى حالات الخطر لإشعار الحشرات القريبة ودفعها للهرب.

وبطريقة أعم فإن كثيراً من النباتات عندما تتم إصابتها بالديدان، تصدر تربينات تجذب الزنابير القاتلة لهذه الديدان. وهذه الإشارة الكيميائية الطيارة، هي أشد فعلاً من الاكتشاف البصرى لهذه الفرائس، ويتم إنتاجها عبر تفاعل معقد بين النبات والدودة الطفيلية.

وتتضمن القلويدات (alcaloïdes) أكبر عدد من البنى. والجزيئات غالباً معقدة وذات بنية غير متجانسة. وطرق تركيبها الحيوى غالباً غير معروفة جيداً.



## شكل (٢)

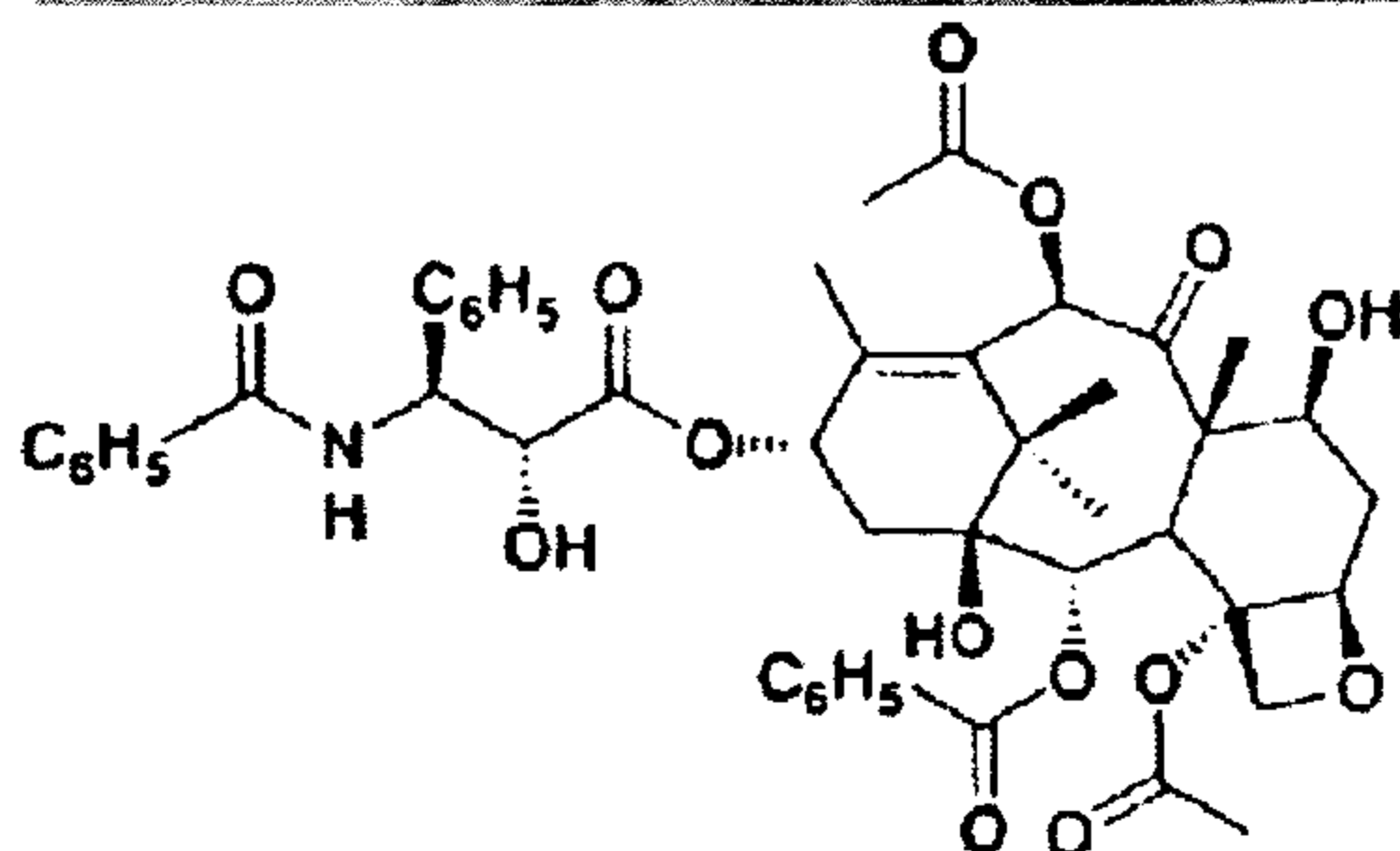
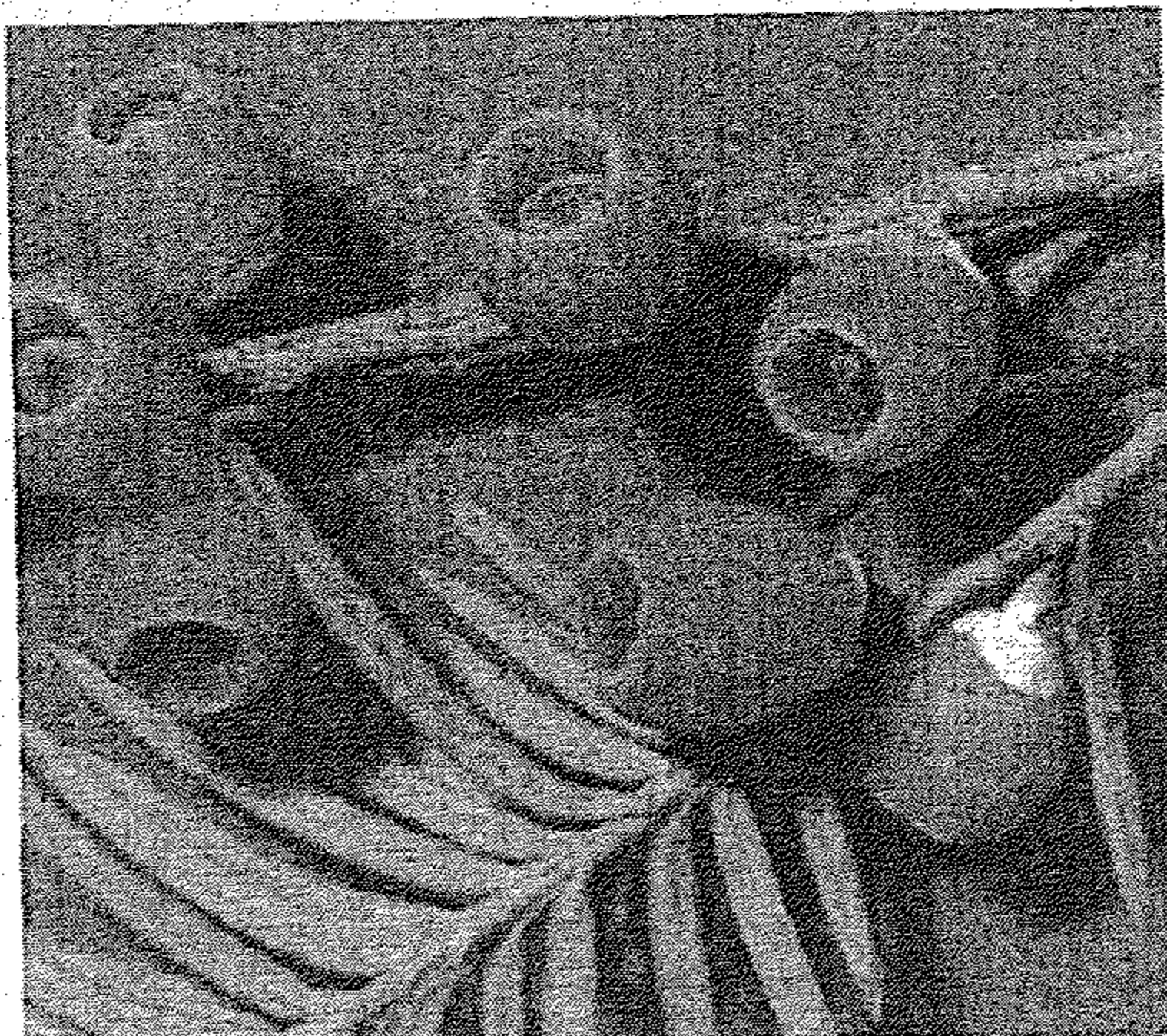
تداخل التربينات فى العلاقات بين النباتات والحشرات.

والنقاط المشتركة بين القلويدات:

- وجود ذرة آزوت فى الجزيء.
- تفاعل قلوئى لمحاليلها.
- خواص حيوية ودوائية على مستوى الوظائف الفيزيولوجية لدى الإنسان.

وبعض القلويدات تحمل أسماء مألوفة لدينا نظراً لفعاليتها المنشطة أو استعمالها الدوائية: النيكوتين، الكافئين، الكينين، كودئين، مورفين، فينبلاستين... ويستحق مثال التاكسول taxol تحليلاً أكثر عمقاً، نظراً لخواصه المضادة للسرطان المثيرة للأهمية (نذى، مبيض). تم التعرف على هذا الجزيء بداية

(شكل ٣) فى قشر نوع من الأشجار (الطقسوس) على ساحل المحيط الهادى فى أميركا *Taxus brevifolia*. وأدت فعالية التاكسول إلى زيادة كبيرة فى الطلب عليه مما هدد بالقضاء على هذا النوع.



شكل (٣) التاكسول

ويحتاج التركيب الكيميائى لهذا المركب شديد التعقيد ثلاثين مرحلة، ولا يبدو أنه مربح من الناحية الاقتصادية. وبعد محاولات عديدة وغير موفقة لإنتاج هذا المركب عبر زرع خلايا نباتية أو بواسطة مزارع فطرية، تبين أن الحل الأمثل هو اللجوء إلى نصف التركيب. فقد اكتشف الفريق الذى يقوده البروفسور بوتيه Potier من جيف - سور - ايفيت Gif-sur-Yvette أن أحد مركبات أوراق شجرة الطقسوس الأوروبى *Taxus baccata*، يمكنه تحويل الباكاتين كيميائياً إلى تاكسول.

وفى حال نصف التركيب، يؤمن النبات نصف العمل والكيميائى النصف الآخر. وهذه الطريقة هى التى أدت إلى طرح مركب التاكسول فى السوق من قبل شركة رون بولانك (دواء التاكسوتير). وهذا يعطى صورة معبرة عن تيارات الأبحاث الحالية فى مجال المواد ذات التأثيرات العلاجية (الغريلة الحيوية، مساعدة الكيمياء فى تصنيع مركب أو مشتقاته...).

والتنوع الكيميائى للمواد الطبيعية يمثل نتيجة لآلية تطور كيميائى حيوى، غالبًا وصفية لمجموعات نباتية خاصة، قادت إلى خواص أنزيمائية جديدة. والأنزيمات الجديدة ناجمة بدورها عن التعبير لمتتاليات جينية تغيرت بشكل طفيف (طفرات نقطية، تبادل فى المواقع...) وذلك خلال مراحل التطور.

وبعض المواد الطبيعية ذات التوزيع المحدد بين النباتات، يمكن استعمالها كواسمات فى دراسات علم قوانين التصنيف التى تهدف إلى تصنيف النباتات وتعريف القرابات فى التطور بين العائلات والأنواع. وعندها نتكلم عن التصنيف الكيميائى. وهذه المعايير الكيميائية تضاف إلى المعايير الشكلية ولكن لا تحل مكانها. فالمعايير الشكلية استخدمت دائمًا فى علم قوانين التصنيف، أو المعايير الجزيئية المرتكزة على التشابه بين متتاليات جينات نوعية. وتظهر الدراسة توزيع أحد الفلافونويدات (التريسين) *tricine* لدى وحيدات الفلقة *monocotylédones*، وتبين وجود هذا المركب فى الرتب القريبة سلالياً مثل الـ *cyperales*, *arecales* و *poales* (التي تضم كل الفجليات *graminées* وحيدات الفلقة)، ولكن أيضا فى الرتب البعيدة مثل الأوركيدية. هذه الأنواع بعيدة على مستوى التصنيف النباتى، لدرجة يمكننا معها أن نقول إن التطور الذى أوصل إلى موضع جينات استقلاب التريسين فيها، قد تم بشكل مستقل ومواز. مما يوضح إحدى حدود المقاربة الكيميائية السمية.

## مرونة ودقة المصنع الكيميائي النباتي

إن النبات لا ينتج دائماً بالشدة نفسها وفي كل وقت، كل العناصر التي تتيحها إمكاناته الحيوية. وإن تركيب العديد من مركبات الكيمياء الدقيقة هي مثلاً يتم تحريضها في حالات مختلفة من الشدة حسب علاقتها بدورها في الدفاع. وبعض مركبات التراكم تتموضع بشكل عابر في بعض مراحل التطور. وهذه هي حال الحموض الألى حلقية alicycliques: كينيك quinique وشيكيميك shikimique التي يمكن أن تتراكم بتركيزات عالية (أكثر من ١٠% من المادة الجافة) في أوراق الكثير من الأنواع الخشبية. ويكون التراكم أعظمياً في الربيع، ثم تهبط النسب خلال الصيف، وتستعمل هذه المركبات كطلائع في التركيبات الفينولية. ويلعب الدور المحرض لتشكيلها كل من الشروط البيئية، الضوء والحرارة وذلك بشكل خاص في الشكل الكيميائي الحيوي للنبات.

وهناك مثال واضح كان نتيجة أبحاث مختبرى على النوع Kalanchoe blossfeldiana. ويراكم هذا النبات كمية كبيرة من العفص في الأيام الطويلة. ومع ذلك فعند نقل النبات إلى مرحلة الأيام القصيرة، فإن محتواها من العفص ينهار وبشكل مواز فإن المحتوى من الحمض المالى acide malique التي كانت قليلة يبدأ بالارتفاع. وبالتالي فإن معيار طول اليوم يؤثر بشكل حاسم على توجيه الكربون إلى أحد مركبي التراكم.

وبالنسبة للتموضع الفراغي للمركبات المتركمة، فيوجد غالباً تناسب بين التوضع والوظيفة. والفلافونويدات التي تلعب دور واق من الأشعة فوق البنفسجية، لها توضع في البشرة. وهناك مركبات تتداخل في الدفاع تتموضع تحت البشرة (مثل فلافانات الموز). والمركبات التربينية الطيارة يتم تراكمها في الشعيرات الغددية أو الجيوب المفرزة على سطح الأعضاء.

وعلى المستوى تحت الخلوى، فإن تخزين المركبات العديدة للاستقلاب النباتي يتم في الحويصلات vacuole، حيث يمكن لهذه المنطقة المغلقة المحبة للماء

فى الخلية النباتية، والعاطلة استقلابياً، أن تشغل حتى ٩٠% من حجم الخلية وتكون المواد الطبيعية المخزنة بتركيز عالية غير ضارة بالنسبة للوظائف الاستقلابية للهولى. وتراكم غلوكوزيد حمض الأورتوكوماريك فى الفجوات لدى الـ *Melilotus alba* يوضح إحدى فوائد هذا التحاوز compartmentation. إذ يمكن لهذا المركب أن يتراكم فى الحويصل بتركيز عالية على شكل ٢ ايزومير (زمير) شكل cis وشكل trans (تصل حتى ٤% من وزن الكتلة الجافة لدى الأصناف المزروعة). وعندما تتم حلمأة الغلوكوزيد cis بتأثير الغلوكوزيداز، فإن الحمض المحرر يتحول عفويًا إلى لاكتون مشكلاً الكومارين، وهو مركب سمي خاصة بالنسبة للحيوانات إذ يمنع تخثر الدم... وفى النبات، تكون الغلوكوزيداز الفعالة متموضعة حصراً فى الجدار. وفى حال تخريب التحاوز الخلوى (أو التوزيع على حجرات) نتيجة جرح أو اعتداء من قبل حشرة أو حيوان عاشب، يحصل التماس بين الغلوكوزيداز والغلوكوزيد ويتشكل نتيجة الحلمأة الكومارين السام. ويمثل ذلك آلية رادعة تجاه المفترسين. إن غلوكوزيد حمض الأورتوكوماريك، المحصور فى الحويصل، يمثل بهذه الطريقة "قنبلة موقوتة" يتم إطلاقها من قبل العضوية المعتدية.

### خاتمة واستشراف

إن العضوية النباتية ذاتية التغذية بالنسبة للكربون، لكن غير المتحركة استطاعت أن تطور استراتيجيات متنوعة لتكيف فى مكانها مع بيئتها المتغيرة. وترتكز هذه الاستراتيجيات الكيميائية على ظواهر الجذب، النبذ، تثبيط نمو الشركاء، طفيليين كانوا أم مفترسين. كما يمكن أن تتداخل فى تكيفها مع المعايير الفيزيائية للمحيط (ضوء، جفاف، حرارة قصوى، ملوحة...). ويبدو أن النباتات قد استطاعت وضع آليات تكيفية ناجعة فى معظم الأحيان، وإذا أخذنا بعين الاعتبار التنوع الكيميائى الكبير فإنه يمكن أن نتصور أن أنواعاً نباتية مختلفة قد طورت حلولاً مختلفة لمشاكل متشابهة.

وإذا عدنا إلى المركبات ذات العلاقة في الدفاعات الطبيعية للنباتات، فالكثير منها سامة أو تؤدي لإنتاج صفات رادعة عند تناولها: قابضة، مرارة بعض المركبات الفينولية، طعم حاد ناجم عن الغلوكوزينولات في النباتات الصليبية مثلاً. والاصطفاء الذي يمارسه المزارعون لتحسين النباتات، قاد تدريجياً إلى إلغاء أو الإقلال من نسب هذه المركبات على مستوى الزراعات الواسعة أو المنتجات النباتية المستعملة في التغذية، بحيث جعلتها مقبولة بشكل أفضل من قبل المستهلك. وأدى هذا التناقض إلى أننا بحاجة إلى رش آلاف الأطنان من المبيدات الحشرية على نباتات تم حرمانها من دفاعاتها الطبيعية.

والأمثلة التالية تعرض طرقاً متجددة لاستغلال موارد المصنع الكيميائي النباتي.

#### • الدواء والغربة عالية الصبيب

يمكن اعتبار ١٢٠ بنية كيميائية مشتقة من حوالي مائة نوع نباتي كأساس للأدوية المهمة. وتم اكتشاف ثلاثة أرباعها باستغلال نباتات كانت تستعمل في الطب الشعبي، أو نباتات تستعمل تجريبياً في العلاجات. وإذا اعتبرنا أن فقط ١٥% من ثلاثمائة ألف نوع نباتي موجودة على الأرض تمت دراستها بشكل منهجي بالنسبة لفعاليتها الحيوية، فإننا نرى أنه ما زال هناك حقلاً واسعاً مفتوحاً أمام التنقيب.

وبعد مرحلة تم فيها تفضيل مشتقات الكيمياء الصناعية، نلاحظ عودة الاهتمام بالمواد الطبيعية في مجال الدواء. والإمكانات الجديدة في الغربة ذات الصبيب العالي تسمح بتوقع ظهور جزيئات فعالة جديدة. وترتكز هذه الاستراتيجيات على أبعاد ثلاثة مكملة لبعضها:

○ إن أتمت الاختبارات في الزجاج لآليات الغربة تسمح بتقييم حتى ٢٠٠,٠٠٠ جزيئة بالشهر، على مستوى موقع واحد من أجل وظيفة بيولوجية محددة.



○ إن تعريف الغربال المبسط بشكل أكثر دقة، اعتمادًا على التطور في مجال دراسة الجينوم وما بعد الجينوم، تسمح بالتعرف بشكل أفضل على الأهداف الجزيئية المهمة في الأمراض الرئيسية.

○ إن الاستغلال المتزايد لنباتات تمت دراستها سابقًا عبر اختبارات أخرى، أو لم تتم دراستها حتى الآن (نباتات استوائية أو تحت استوائية...) يطرح في الوقت ذاته، قضايا حقوقية وأخلاقية بالنسبة لموضوع الملكية أو احتكار الموارد الجينية للتنوع الحيوي النباتي.

### • العلاج بالتغذية Nutraceutique

يغطي هذا المصطلح أبحاث ودراسات وأفكار راهنة، إذ بالإضافة إلى إشباع حاجات غذائية أساسية، يتوجه الاهتمام الآن إلى بعض المكونات الثانوية في الغذاء (بالنسبة للطاقة التي تقدمها)، إذ يمكنها أن تلعب دورًا مهمًا في الوقاية من الأمراض المهمة (سرطانات، أمراض قلبية وعائية...) أو في حال الاضطرابات المرتبطة بمراحل انتقالية فيزيولوجية مثل سن الياس. وتعددت الدراسات في هذا الاتجاه وبدأت المجموعات الكبيرة في الصناعات الزراعية-الغذائية تهتم بشكل خاص بهذا المجال الذي يهدف إلى المحافظة على صحة جيدة عبر تغذية عقلانية مثلى.

يمكن أن نعتمد على مستويين بشكل مبسط خلال مقاربتنا للعلاج عن طريق الغذاء.

○ مستوى العوز الفيتاميني، أو الحموض الأمينية الأساسية... ويصيب هذا العوز الدول في طور النمو بشكل خاص عدا عوز الفوليات الأكثر انتشارًا في العالم.

○ مستوى آخر أكثر دقة يتناول العوامل الواقية: الاستروجينات النباتية،

مضادات الأكسدة... التي تركز آثارها الايجابية غالبًا على علاقات مشاركة، لكن دون إثبات لا يقبل الجدل. تهدف الدراسات الوبائية والأبحاث المعمقة في الوقت الراهن إلى تقديم أساس علمي متين لإثبات الآثار الإيجابية الممكنة، التي يمكن أن تبرهن على صحة الادعاءات بفائدتها الصحية، بهدف الحصول على التراخيص التي تمنحها تشريعات الدول بطريقة صحيحة.

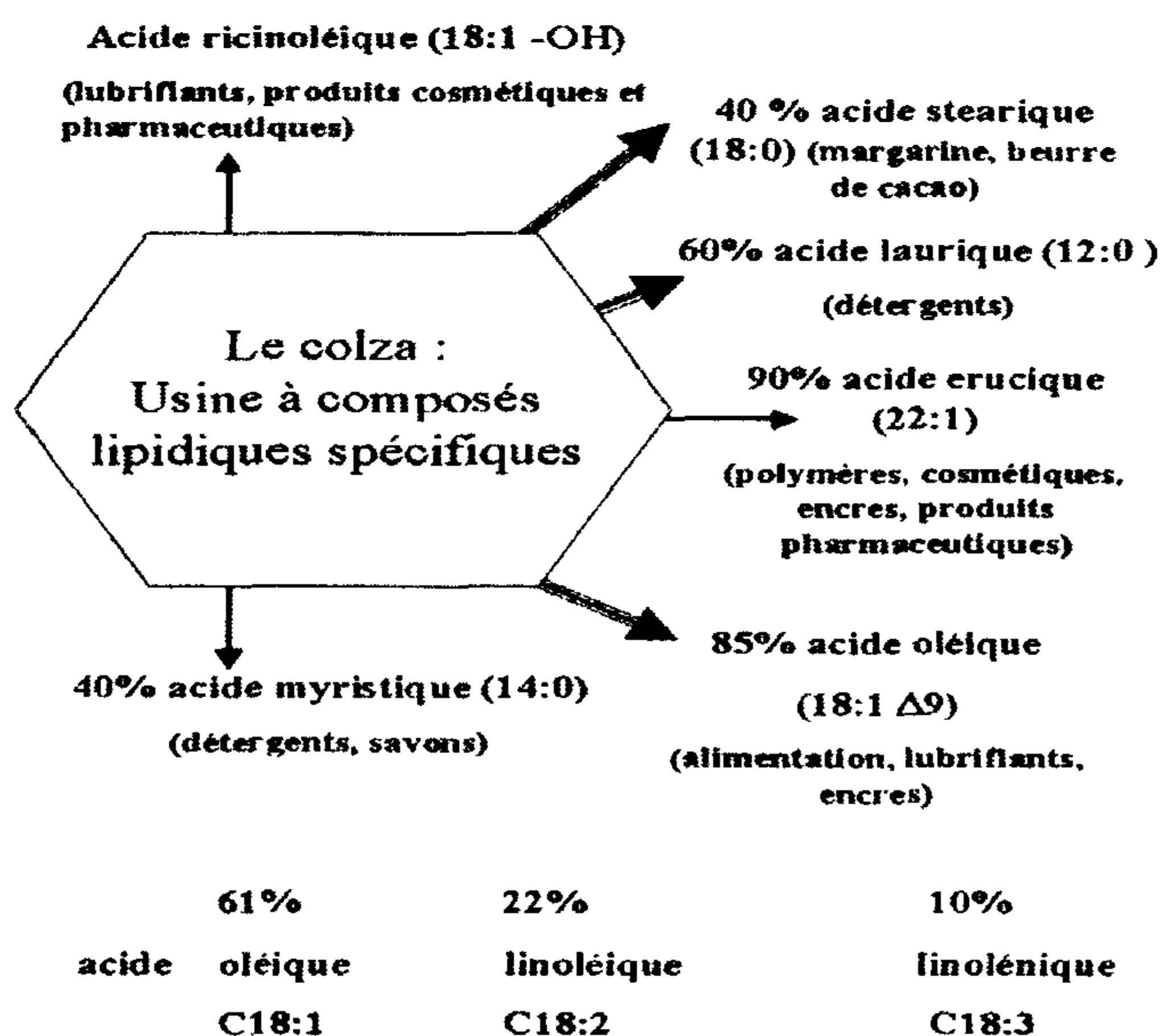
### • النبات كمفاعل حيوى فى الحقل

يقع هذا القطاع الأخير فى المنطقة الفاصلة بين التحقيق الممكن والسيناريوهات المستقبلية. ويقوم على استعمال وسائل الهندسة الاستقلابية لاستغلال نباتات تزرع على مساحات واسعة وتعتبر مفاعلات حيوية حقلية، وذلك بهدف جعلها تنتج جزيئات مفيدة سواء أكانت تنتجها عادة بشكل طبيعى أم لا.

وهكذا تم استعمال نبات الكولزا (نبات زراعى دهنى من الفصيلة الصليبية) فى الولايات المتحدة الأمريكية بشكل واسع لإنتاج مواد دهنية غنية بحموض دسمة نوعية لاستعمالات صناعية أو غذائية. إن التقدم فى المعارف عن الأنزيمات، التى هى مفاتيح تركيب الحموض الدسمة، والجينات الموافقة لها من جهة، وقدرة نبات الكولزا الذى يحتل المرتبة الثانية بين النباتات الزيتية على مستوى العالم على أن يتحول وراثيا من جهة ثانية، قادت إلى اختيار هذا النوع، على مقاس واسع، من أجل التلاعب بمستويات الدسم فيه.

ويوضح الشكل ٤ التغييرات التى تم إحداثها عبر الهندسة الوراثية على مستوى زيت الكولزا، الذى يوضح فى المستطيل السفلى تركيبه الطبيعى بالنسبة للحموض الدسمة. والنباتات المعدلة وراثيا تنتج نسبًا جديدة من الحموض الدسمة بدأت زراعتها على مساحات واسعة (الأسهم المزدوجة) أو يتم إنتاجها فى المختبر (سهم مفرد). وهذه السيطرة على إنتاج الأجسام الدسمة النوعية مرشحة للتعاظم والتنوع ضمن إطار الاستعمالات الصناعية.

وهناك تطبيقات أخرى توضح إمكانات النباتات كمفاعلات حيوية حقلية. ندعو ذلك الزراعة الجزيئية molecular pharming وتهدف إلى جعل النباتات تنتج موادًا علاجية أو لقاحات، بروتينات أو أنزيمات ذات قيمة علاجية. ويمكن أن نذكر أيضًا إنتاج النباتات لبولى هيدروكسي بوتيرات، وهى مواد بلاستيكية قابلة للتفكك العضوى. كما يمكن لقطاع الوقود الحيوى أن يستفيد أيضا من هذه التطبيقات.



شكل (٤)

الكولزا مصنع للمركبات الليبيدية النوعية.

والإنسان، الذى اعتمد على النباتات للبقاء على قيد الحياة، بحث منذ آلاف السنين عن طريقة لاستغلالها بالشكل الأمثل فى سبيل استخلاص أكبر كمية من الموارد. واكتسب حديثاً إمكانية إضافية، وهى تغيير وظيفة المصنع الكيميائى لصالحه. وهذه القدرة بالإضافة إلى استثمار عقلاى للتنوع الحيوى يجب أن تقدم فى العقود القادمة فوائد جديدة ومنتجات آتية من عالم النبات.

## الأسس الوراثية للتطور البشري<sup>(٥)</sup>

بقلم: أندريه لانجاني

André LANGANEY

ترجمة: د. سامر اللانقاني

حتى نستطيع الكلام عن التطور البشري، يجب قبل كل شيء أن نذكر تطور أسلاف البشر الحاليين، ويمثل ذلك حوالي ٣،٨ مليار سنة من تاريخ الحياة، وهو تاريخ سبق البشر في ٩٩،٩% منه. إن الذين شكلوا أساس سلالتنا بشكل رئيسي لم يكونوا بشرًا. وكان ذلك مثارًا لجدل كبير وحروب كلامية.

عام ١٦١٩، تم نزع لسان كاهن إيطالي هو يوليوس قيصر فانييني، ثم تم خنقه وحرقه حيًا في الساحة العامة لمدينة تولوز في فرنسا، لأنه اقترح من ضمن أمور أخرى، أن البشر تتحدر من القردة. حدث ذلك قبل داروين، الذي تعزى له هذه الفكرة، بقرنين، وقرن ونصف قبل لامارك الذي ذكر ذلك كتابة قبل ولادة شارلز داروين بثمان سنوات. فيما بعد تم تأكيد هذه الأفكار ضمن إطار نظرية عرضها للمرة الأولى جان باتيست دو موني Jean-Baptiste de Monet، فارس دو لامارك de Lamarck: نظرية تطور الأنواع.

ومن الممكن أن نقيم تصنيفًا للأنواع الحية اعتمادًا على بنية جزيئية لأنزيم موجود في كل الخلايا لكل الكائنات الحية هو السيتوكروم C cytochrome. وقد تمت دراسته منذ أكثر من ثلاثين عامًا عند العديد من الأنواع، والمتواليات في الجزء الفعال لهذا البروتين هي تقريبًا ذاتها في الأنواع المختلفة، لكن يوجد اختلافات في

---

(٥) نص المحاضرة رقم ١٠ التي أقيمت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٩ يناير ٢٠٠٠.

الأجزاء غير الفعالة لهذه المتواليات. وتزداد الاختلافات بتباعد الأنواع عن بعضها في درجة قرابتها ضمن تصنيف الأنواع. وإذا كان كل السيتوكروم متشابهًا فإن ذلك يعود إلى أنه عبارة عن تحولات للجينة البدئية ذاتها، وتمت وراثتها عبر السلالات المشتركة لكل الأنواع. يقتضى ذلك إذن أن لكل هذه الأنواع أصل مشترك. وما تم اكتشافه بالنسبة للسيتروكروم، صحيح أيضا بالنسبة لكل الجزيئات الكبيرة الأخرى التى تؤمن الوظائف الأساسية للحياة: التكاثر، تركيب البروتينات، إنشاء البنى الخلوية، وبالنسبة لمعظم الكائنات الحية الوظيفة الجنسية.

وهناك متوالية دنا (الحمض الريبى النووى منقوص الأوكسجين) تم العثور عليها فى ذبابة الخل: الدروزوفيل الشهيرة لدى علماء الوراثة، ترمز هذه المتواليات الجينات التى تنظم هذه الذبابة من الأمام إلى الخلف. تم هذا الاكتشاف بفضل مجموعة والتر غيرنغ Walter Gehring من بازل فى سويسرا، ويظهر أن عكس ما اعتقده علماء البيولوجيا الجزيئية حتى الآن، فإنه يمكن أحيانا أن يكون فى عضوية ما وفى موروثها الجينى، على أحد الصبغيات، وعلى أحد جزيئات الدنا، شبه مخطط مسبق التصميم لهذه العضوية.

وهناك جينات منظّمة أخرى ستمنح الحيوان ظهرًا وبطنًا، وأن يكون مقطعًا على حلقات مثل بطن ذبابة الخل هذه أو مثل صدرها. وهذا موجود طبعًا لدى كل الأنواع التى تملك صفات مشابهة. ولقد عثرت مجموعة أميركية على متواليات الجينات المنظّمة تقريبًا ذاتها، المسئولة عن الأمام - الخلف والتقطيع لدى جنين الفأر، وإن كان الأمام والخلف أصعب تعريفًا عنده. ويعنى ذلك أن هناك سلفًا مشتركًا لديه التنظيم أمام - خلف ومقطع موجود بين ذبابة الخل ومجموعة الفقاريات وصولاً إلى الإنسان. فنحن البشر لدينا جسم منظم من الأمام نحو الخلف، ومن الأعلى للأسفل، ومؤلف من قطع مثل ذبابة الخل، إلا أن قطعنا هى فى الداخل عوضًا عن أن تكون فى الخارج: وهذه هى فقراتنا. والجينات المنظّمة هى التى تؤدى إلى أن المخطط الأساسى للعضويات هو ذاته عند الفقاريات وعند

اللافقاريات. ويعنى ذلك أن هناك قرابة تكاد لا تصدق بين كل الكائنات الحية.

ويمكن العثور على هذه القرابة على مستوى الصبغيات. وأن مقارنة هذه الصبغيات، التى تعتبر الحوامل للمادة الوراثية، لدى الإنسان والشمبانزى تظهر العدد ذاته وتشابهاً فى حلقاتها القابلة للتلوين. فقط الصبغى الكبير ٢ البشرى لا يوجد مكافئ له لدى الشمبانزى. وهذا الأخير يملك صبغيين صغيرين لا يوجد مكافئ لهما عند الإنسان، إلا إذا تم لصقهم ببعضهم فيشكلون عندها صبغى ٢ إنسانى كامل. ومن الواضح أنه، إما أن جدًا مشتركًا للإنسان والشمبانزى كان لديه بنية الشمبانزى وأن هذين الصبغيين اتحدا فيما بعد، أو على العكس من ذلك كان هناك صبغى من النموذج البشرى انقسم لاحقًا. وتثبت المقارنة مع الأنواع الأخرى أن الجد المشترك كان مالكًا لبنية الشمبانزى ذاتها، وأنه فقط فى السلالة البشرية تم الانصهار لإعطاء هذا الصبغى الجديد ٢.

ومن الممكن أن حدثًا كهذا لم يحصل مرة واحدة. وأنه كان يجب الانطلاق من مجموعة صغيرة سنحت فيها الفرصة لهذا الأمر غير الطبيعى أن يحصل. ويعنى ذلك أنه فى بعض الأحيان، كلما حصلت أمور مشابهة، انطلق أجدادنا من مجموعات سكانية ذات أعداد قليلة جدا، لكنها كانت قادرة على "تثبيت" مثل هذه الطفرات النادرة. وقطعًا لم يكن أصل الأنواع دائمًا كما تخيله شارلز داروين أو جان لامارك: مجموعات سكانية كبيرة أم تنقسم إلى مجموعتين أو ثلاث مجموعات كبيرة بنات، تختلف لاحقًا عن بعضها أكثر وأكثر. وهذه الحالة الأخيرة هى حالة الأنواع المسماة "التوأم". وهذا موجود من وقت لآخر لكن لا يشكل القاعدة. والحالة الأكثر شيوعًا هى من كل بد التبرعم، حيث انطلاقًا من نوع - أم لمجموعة سكانية صغيرة، ستتشأ ضمنها اختلافات فى البنى الصبغية، ستؤدى فى النهاية إلى العقم المتبادل بين النوع القديم والنوع الجديد. وكمثال على ذلك فقد تم إثبات أنه انطلاقًا من جد مشترك كان يعيش قبل ٤ إلى ٧ مليون سنة، ووصولاً إلى الإنسان من جهة وللشمبانزى من جهة أخرى، حدثت على الأقل تسع حالات حيث اضطررنا

للإنطلاق من جديد اعتباراً من عدد محدود وقليل من الأفراد، لكن حامل لطفرة صبغية جديدة مهمة، وتم تكاثر أفراد هذه المجموعات الصغيرة فيما بينهم.

تم وصف تاريخ صبغيات مجموعة الأولويات primates من قبل برنار دوتريليو Bernard Dutrillaux من الـ CNRS (المركز الوطني للبحوث العلمية). إن القروود طويلة الذيل cercopithecues فى إفريقيا الاستوائية لا تبدى دائماً فصلاً واضحاً بين أنواعها كل اثنين معاً، لكنها تستطيع أن تتزاوج أحياناً بين أنواع أو ما قبل أنواع خصبة فيما بينها، مشكلة نوعاً من "البطاطا الآخذة بالتطور" ذات حدود داخلية مبهمة وجذورها تمثل الأنواع الصادرة عنها. وفى غابات إفريقيا الاستوائية مثلاً، هناك حوالى ٢٠ نوعاً من هذه القروود طويلة الذيل الصغيرة، متكيفة مع أوساط مختلفة عن بعضها قليلاً، ويشكل أفرادها مبدئياً مجموعات سكانية تتكاثر فيما بينها. لكن تحصل حوادث من نوعين: أولاً، يمكن أن لا يكون لدى كل أفراد نوع واحد الصيغة الصبغية ذاتها؛ وثانياً، يمكن لأفراد من نوعين مختلفين أن يتزاوجا ويعطيا هجائن خصبة. وفى الحالتين من الواضح أن هذه الأنواع حديثة ولم تنفصل عن بعضها بشكل واضح. لذا نجد أنه من الضروري أن نقبل أن أسلاف لأنواع مختلفة استطاعوا أن يتبادلوا من حين لآخر أحد الصبغيات وبعض الجينات خلال بعض الوقت بعد بدء انفصالهم عن بعض. مما يعنى أن هذا الانفصال لم يحدث بالتضاعف، أى انفصال إلى سلالتين متماثلتين بالنسبة لكل الصبغيات وكل الجينات. ومع مثل هذه التبادلات الوراثة بعد بداية تشكل الأنواع، يمكن أن يكون لصبغيين أو جينين قصتان سلالتان مختلفتان وذلك ضمن مجموعة واحدة من أنواع متقاربة.

وحصل الأمر ذاته بالنسبة للسلالة البشرية. فمن أجل عدد محدد من الصبغيات نجد أنها فى الإنسان والشمبانزى والغوريلا متشابهة تماماً. وبالنسبة لصبغيات أخرى، الأكثر عدداً، فإن الإنسان والشمبانزى متشابهان، والغوريلا مختلفة. ومن أجل البعض الآخر، فإن الشمبانزى والغوريلا متشابهان، والإنسان

مختلف. وأخيرًا يوجد هناك صبغى صغير جدا هو الصبغى رقم ١٥ يتشابه فيه الإنسان والغوريلا لكن يختلف فيه الشمبانزى. واعتمادًا على الصبغى ١٥، يمكن أن نتصور أن هناك جدًا مشتركًا للإنسان والغوريلا، وأنه قبل ذلك كان هناك جد مشترك مع الشمبانزى. لكن إذا أخذتم الصبغى ٢ مثلاً فإنكم ستجدون أولاً الإنسان والشمبانزى، ثم يلتحق بهم الغوريلا لاحقاً. هاتان القستان لا تتوافقان مع بعضهما. وهذا يعنى أن الفصل بين الأنواع لم يحصل دائماً بين اثنين أو بين ثلاثة كما كان يعتقد سابقاً. وخلال بعض الوقت، وهذا يعتقد كثيرًا بعض دراسات الوراثة بين الأنواع، فإن أسلاف أنواع متعددة كانت خصبة فيما بينها، والفصل بين الأجناس لم يكن قاطعاً، وإن كان البعض ما زال يعتقد ذلك.

لوسى Lucy هي قرد جنوبى (australopithèque) من عفار Afar، وتم إعادة تركيبها، ويمكن رؤيتها كقزم صغير وجميل فى متحف التاريخ الطبيعى فى جنيف. وبالمقابل تم أيضا إعادة تركيبها لكن على شكل شمبانزى يمشى منتصباً فى متحف الإنسان فى سان ديبغو، بكاليفورنيا! طبعاً ليس لدينا معلومات حول درجة شعرائيتها، لكن سواء أكانت مشعرة أم غير مشعرة، فالمهم أنها كانت تمشى منتصبه عندما كانت على الأرض. أى من وجهة النظر التشريحية كانت أقرب للشمبانزى منها للإنسان وكانت دون شك تقضى نصف وقتها على الأشجار.

من هم الأسلاف الأوائل المشتركين للإنسان والشمبانزى؟ هؤلاء الأسلاف المشتركين مثبتين من قبل العلوم الحيوية الجزيئية، والعلوم الحيوية الخلوية، ونظرية التطور، والتشريح المقارن، وسبقونا بحوالى ٤-٧ مليون سنة. والجميع يرغب أن يكون بعض الـ australopithèques، أولاد عمومنا الوحيدين المعروفين من ذلك الزمن، هم أسلاف الإنسان، لكن فى الوقت ذاته لا يرغب أحد فى أن يكونوا أسلاف الشمبانزى. والنتيجة أنه خلال ٣٠ سنة من علوم الإحاثة المخيبة للآمال، تم العثور على كميات من الأجداد المحتملين للإنسان دون العثور على جد واحد لهذا الشمبانزى! ومع ذلك لا بد أن هذا الشمبانزى كان لديه جد!



القضية أن الـ australopithèques بمشييتهم المنتصبية والعمودية يشبهون الإنسان أكثر، وإن كانوا بجمجمتهم وباقي جسمهم يشبهون الشمبانزى أكثر، المسألة الكبيرة لم تكن فى الأنسنة وهذا شىء سهل: اختراع الإنسان اعتباراً من لوسى التى تمشى منتصبه شىء ممكن للجميع! لكن اختراع الشمبانزى اعتباراً من ابن عم لوسى يبدو شيئاً أكثر صعوبة. وهذا موضوع للتفكير لأن الشمبانزى كان لديه جدود، ولأننا من هذه الأزمنة الغابرة نحن لا نعرف غير الاسترالوبيثيك.

وعثر على "الإنسان الماهر" Homo habilis (من ٣ إلى ١,٨ مليون سنة) متشاركاً مع أدوات منذ ٢,٥ مليون سنة. ثم مع بقايا تقصيب حيوانات جماعية وآثار لمساكن محتملة. وأدواته المصنوعة من الحجر المنحوت تصفه بالإنسانية، لأن الشمبانزى، وإن كان يستعمل أدوات أو حتى يصنع بعضها، فهى غالباً من الخشب. وبعد ذلك الزمن بقليل، أى بين ١,٨ إلى ١,٦ مليون سنة، ظهر الإنسان الملقب بالمنتصب Homo dit erectus، وآخرون نعتوا بأوصاف اعتباطية. ومنذ ذلك الحين كان الإنسان الماهر منتصباً، ولم يكن يعيش نصف عمره على الأشجار، كما كانت حال لوسى وأمثالها. والإنسان المنتصب كان إنساناً بوضوح ويشترك بأدوات أكثر تعقيداً. وهناك ميزة جديدة، فهو أحياناً طويل القامة: والهيكل العظمى الذى عثر عليه على شاطئ بحيرة توركانا Turkana كان لشاب طويل القامة. ولو استطاع إكمال نموه - لأنه مات قبل ذلك - لوصل طوله إلى ١,٨٥ أو ١,٩٥م، أو ربما أكثر. مما يدحض الأسطورة القائلة أن "الرجل المنتصب" لم يتجاوز طوله ١,٧٠م. سيقوم هؤلاء "الرجال المنتصبون" بغزو العالم مرة أولى. وسنجدهم فى جنوب شرق آسيا، وفى الصين، وأولاد عمومته فى أوروبا. وبعضهم بقى فى إفريقيا منذ ١,٦ مليون سنة، ولكن حتى حوالى ٥٠٠,٠٠٠ سنة قبلنا، كانوا موجودين تقريباً فى كل مكان. قد يكون بعضهم قد استمر فترة أطول، لكن اعتباراً من ٥٠٠,٠٠٠، بدأنا نشاهد مستحاثات غريبة، انتقالية بينهم وبيننا. وإذا كنا عاجزين عن تقديم محاضرات مطولة عن ما حصل خلال هذه الفترة الانتقالية، فالسبب يعود إلى أننا لا نملك معلومات كافية عنها، فالمستحاثات لتلك الحقبة نادرة،

ولأسباب تقنية لا يمكن تأريخها بشكل جيد.

ومنذ حوالي ١٠٠٠٠٠ سنة، كان يوجد إنسان حديث، له الهيكل العظمي ذاته الذي لدينا، في فلسطين وربما في إثيوبيا وشمال إفريقيا. ولا يقتصر الشبه فقط على الناحية التشريحية، فهم يدفنون أيضا موتاهم في القبور، والجثث موضوعة باتجاه محدد. كما نجد في المدافن غبار طلع الزهور وتقدمات للمتوفين، أى أن هناك طقوسًا دينية. ولكن ما هو مميز، هو أننا من جديد، لا نجد الكثير من هذا النموذج حتى حوالي ١٢٠٠٠ سنة قبلنا، أى حتى اختراع الزراعة، التى ظهرت فى مناطق مختلفة من القارات الخمس بين ١٥٠٠٠ و ٦٠٠٠ أو ٧٠٠٠ سنة. والمستحاثات التابعة للإنسان الحديث، التى كانت نادرة حتى حينه، تصبح متواترة. وذلك منذ أن غير الإنسان نمط حياته بفضل إنتاج الغذاء المرتبط بالزراعة.

جرت إذن ثورة سكانية كبيرة ما قبل التاريخ لأنه خلال تسعة أعشار من الـ ١٠٠٠٠٠ سنة، أى خلال ألف قرن كان البشر الحديثون قليلي العدد (تاريخ قصير جدا). وكانوا يمثلون نوعًا نادرًا مثل كل الأوليات الكبيرة الأخرى. وكان يعد الشمبانزى، والغوريلا، والأورانغ أوتانغ، والبونوبو، على الأكثر بعض المئات من الآلاف، موزعين على كامل القارة التى كانت تستضيفهم. والبشر، كانوا لفترة طويلة، لا يتجاوزون عشرات الآلاف أو حتى على الأكثر بضع مئات الآلاف ومعظمهم بقى دون ذرية. ثم اخترعوا الزراعة، وأنتجوا الغذاء فى حدائقهم وحقولهم، بالإضافة إلى تربية الحيوان. وبالتالي استطاعوا أن يصبحوا أكثر بـ ٢٠، ٣٠ أو ٤٠ ضعفًا أكثر عددًا على الأراضى نفسها. وكان ذلك بداية تغيير كبير.

وتم قياس التنوعات فى منظومة الزمر الدموية ريزوس Rhésus عبر العالم. يوجد فى هذا الجهاز الوراثى، أربع جينات رئيسية  $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  التى تعطى الريزوس الإيجابى، و "r" الذى بوجوده مضاعفًا يعطى صفة الريزوس السلبى. والتصنيف المعلوماتى لحوالى ٢٠ مجموعة سكانية عبر العالم، قاد إلى النتائج التالية: بداية الجينات الموجودة هى ذاتها فى كل مكان، لكن تواترها يختلف كثيرًا

من مجموعة سكانية إلى أخرى، خاصة إذا عاشت في مناطق بعيدة الواحدة عن الأخرى. والملاحظة الثانية هي أن هذه المجموعات السكانية مرتبطة ببعضها على شكل سلسلة أحد طرفيها سكان جنوب وغرب إفريقيا، ثم شرق إفريقيا، ثم شمال إفريقيا، ثم العالم الهندى - الأوروبى، وصولاً إلى الطرف الآخر مع آسيا الشرقية، أستراليا، أميركا وبولينيزيا. واستطاع الحاسوب أن يعثر على الترتيب الجغرافى للسلسلة السكانى فى العالم القديم، واستطالاته الأمريكية والاسترالية. يوجد إذن نوع من المنطق الجغرافى فى تنوع التواترات الوراثية لجهاز ريزوس عبر العالم. ومن جهة أخرى فإن هذا الترتيب لا علاقة عملية له مع المظهر الفيزيائى للسكان: فهناك بشر ذات نسب جسدية ولون جلد مختلف جداً بعضهم عن بعض، ومع ذلك يكونون قريبين من بعض وراثياً، والعكس صحيح أيضاً.

وأجرى ريشارد ليفونتين Richard Lewontin، وهو عالم وراثية شهير من أميركا الشمالية، منذ أكثر من ثلاثين سنة، دراسة عن الأنزيمات البشرية التى تختلف جزيئاتها غالباً من فرد لآخر. وتساءل: ما نسب التنوع فى الأنزيمات التى تعود للتغيرات بين الأفراد ضمن مجموعة سكانية واحدة؟ وما هى التى سببها التغيرات بين سكان القارة ذاتها؟ وما هى التى سببها الاختلاف بين القارات؟ أى إلى "الأعراق" الجغرافية. والنتيجة التى حصل عليها أظهرت أن التغيرات ضمن المجموعات السكانية تمثل حوالى ٨٦% من التغيرات الكلية، والباقى يمثل حوالى ٦ - ٨% فقط. وبالتالى كانت الاختلافات بين الأفراد أكبر بكثير من الاختلافات المنهجية بين المجموعات السكانية على القارة ذاتها أو من قارات مختلفة. وكان الأمر ذاته أيضاً بالنسبة لمعظم الصفات الوراثية الأخرى: إذ كانت هناك تغيرات كبيرة ضمن المجموعة السكانية مع بعض الاختلافات المنهجية. لكن القليل جداً من التغيرات بين الشعوب من أصول مختلفة.

ومن أجل زراعة الأعضاء، نجد صعوبة بالغة فى العثور على معطى مناسب عن طريق الصدفة، بحيث يكون موافقاً للآخذ. ولا نجده بالضرورة ضمن المجموعة السكانية للآخذ إذا لم يكن هناك أخ أو أخت مناسبين. ومن أجل ذلك،

فإن منظمات زراعة الأعضاء العالمية تضطر إلى الذهاب إلى الطرف الآخر من العالم بحثًا عن قلب أو كلية مناسبين، وذلك في مجموعة سكانية لا علاقة لها مع الأخذ لا فيزيائيًا ولا ثقافيًا ولا تاريخيًا. إن تصنيف المجموعات السكانية تبعًا لتحولات منظومة HLA التي تحدد شرط نقل الأعضاء، تتعلق بتوزيعها الجغرافي أيضًا، وحتى بشكل القارات، في بعض الأحيان. ولا يوجد إلا عامل واحد يمكن أن يفسر هذا التنوع: ألا وهو الهجرات. عندما نجرى الاختبار الإحصائي لتوزيع تواترات الجينات بالنسبة لـ ٨٠% من المنظومات الوراثية المعروفة، وذلك اعتمادًا على البعد الجغرافي بين أمكنة الإقامة الأصلية الذي أتت منه هذه المجموعات السكانية، فإننا نجد أن هذا التوزيع الجغرافي يفسر بين نصف وثلاثة أرباع التحولات في تواترات الجينات.

ويؤكد كل ذلك بوضوح التشابه في المحتوى الجيني عبر المجموعات السكانية، وتحول تواتراتها نتيجة إمكانات التبادل المباشر وغير المباشر بين المهاجرين. وعندما تم اختراع الزراعة في العصر الحجري الحديث، ازداد عدد البشر على كل القارات، واستطاعوا إنشاء شبكات هجرة واسعة. كما تبادلوا عددًا كافيًا من الأزواج من حولهم أو من المهاجرين في المناطق الأبعد بحيث توزعت مجموع الجينات الحالية على شكل أغشية متواصلة على سطح كوكبنا. وبالتالي لا يوجد انقطاع وراثي جدير بالذكر، ولا يوجد حدود بيولوجية بين المجموعات السكانية أو "الأعراق" البشرية.

وتمثل شجرة رسمتها استيلا بولوني Estella Poloni الاختلافات الوراثية الملاحظة بين المجموعات السكانية التي تمت دراستها بالنسبة لـ ٨٠ منظومة وراثية، موزعة على حوالي عشرين صبغيًا إنسانيًا مختلفًا. وكانت النتيجة تطابقًا شبه كامل بين أمكنة إقامة هذه المجموعات السكانية وخارطة التشابهات الوراثية، عدا استثناء وحيد مثله الأوروبيون. لأنهم أتوا قريبًا من الشرق الأوسط، وليس من أوروبا حيث يعيشون. وبالتالي يجب التفكير في التنوع الوراثي، ليس بمصطلحات المجموعات السكانية التي تفصلها الحواجز، لكن بمفهوم شبكات الهجرة. ومن

الواضح تمامًا أنه ضمن شبكة من الهجرات، لا يتشابه الجميع. وحتى ضمن مجموعة سكانية واحدة، فهناك اختلاف بين الجميع، بما أنه يوجد عدم توافق بالنسبة لزراعة الأعضاء، وغالبًا هناك عدم توافق بالنسبة لنقل الدم، بينما الزمر الدموية هي واحدة في العالم وبما أن كل فرد يمكن التعرف عليه بواسطة شكله وبصمات أصابعه أو مورثاته.

منذ حوالي ٨٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ سنة على الأقل، نشأت شبكة وراثية عبر العالم، من قريب إلى أقرب. وبعض أجزاء هذه الشبكة متقاربة جدا مثل المنطقة المركزية حول المتوسط، وشرق إفريقيا وشبه الجزيرة الهندية. وهناك أجزاء أخرى تبدو أكثر تفككًا في أميركا وأستراليا وشمال آسيا وغرب وجنوب إفريقيا، وتتوافق مع مستعمرات أقل كثافة و/أو أحدث زمنًا. وتوجد تقريبًا كل أشكال تحولات الجينات في العالم الهندي - الأوروبي، وشمال إفريقيا، وشرق إفريقيا، وفي العالم الهندي. وعلى العكس من ذلك، فإنه في محيط هذه الشبكة، سواء أكان ذلك في إفريقيا الغربية أو الجنوبية، أو في شرق آسيا، أميركا أو أستراليا، فإن المجموعات السكانية تملك الجينات الأكثر تواترًا الموجودة في النواة المركزية، بتواترات غالبًا مختلفة، لكنها فقدت بعض أشكال التحولات النادرة. وهذه الأشكال المتحولة النادرة المفقودة ليست ذاتها في إفريقيا، أستراليا، شرق آسيا وأميركا. وأخيرًا فإن بعض أشكال التحولات النادرة جدا موجودة فقط في إفريقيا أو أستراليا أو آسيا أو أميركا، وتتوافق مع طفرات حديثة.

وخلال ١٠٠٠٠٠ سنة منذ أوائل البشر الحديثين المعروفين، لم يتسن للمجموعات السكانية أن تراكم جينات جديدة بتواترات عالية. وعلى العكس من ذلك، فإنه خلال المرحلة التي كان فيها عدد البشر قليلًا، فإنه توفر لهم الوقت لكى يفقدوا هنا وهناك بعض الأشكال المتحولة، وذلك عندما انطلق المهاجرون الأوائل لإعادة استعمار إفريقيا، شرق آسيا، أستراليا أو أميركا، وذلك بعد زمن طويل من إقامة "الإنسان المنتصب". ولا يوجد شك مطلقًا أن مجموع البشر الحديثين الحاليين ينحدرون من الأرومة ذاتها، قليلة العدد من "الإنسان المنتصب". وفيما بعد انتشروا

وأعادوا استعمار كامل الكوكب. فوصلوا إلى جنوب الصين قبل ٦٤ ألف سنة، وإلى أستراليا وغينيا الجديدة قبل ٥٠ ألف سنة، وإلى الدوردون في فرنسا قبل ٤٠ ألف سنة. ثم قاموا بإعادة استعمار إفريقيا اعتباراً من المناطق الشمالية والشرقية، ثم من كل بد بعد محاولة عبور فاشلة قبل ٤٠ ألف سنة، استطاعوا استعمار أميركا. أما بالنسبة لبولينزيا فقد تم احتلالها في زمن لاحق. ويعتبر هذا التاريخ معروف بشكل جيد نسبياً، وجرّت هذه الأحداث عندما كان أسلافنا صيادين وملتقطين للثمار، وقليل العدد. ومن كل بد فإن هؤلاء الصيادين ملتقطي الثمار وقليل العدد هم الذين فقدوا عدداً من التحولات الوراثية الموجودة في النواة المركزية أثناء هجرتهم إلى الأراضي الجديدة. ويتوافق سكان هذه النواة المركزية مع الأفراد الذين انحدروا مباشرة من المجموعة السكانية الأصلية. وبعض الصفات الفيزيائية موزعة حسب الانتشار الجغرافي الأولى للسكان، مثل ألوان الجلد، والطول، والمقاسات الجسدية. وواقع الحال، إن أجسام سكان المناطق الباردة، قصيرة ومكتظة، في غرونلاند والهملايا وجبال الأنديز. بينما هي طويلة ونحيفة في الصحاري الحارة. والمقاسات الوسيطة موجودة في السهول المعتدلة، أو في السهول المعشبة الاستوائية.

وتمت دراسة ألوان الجلد الوسطية عند الأبوريجين في أستراليا (السكان الأوائل)، وكذلك في أوروبا ومناطق أخرى. والشعوب ذات الجلد الداكن أصلها دون خلاف من المناطق الاستوائية، أما في المناطق المعتدلة الباردة الشمالية أو الجنوبية، فإن لون الجلد أقل دكنة. وتم اقتراح تفسيرات تتعلق بالاصطفاء الطبيعي. إذ يبدو أن الجلد الفاتح في المناطق الاستوائية أكثر عرضة لتشكيل الميلانوما، هذا السرطان الجلدي القاتل. أما الشعوب ذات الجلد الداكن فهي أقل عرضة للإصابة، نظراً لوجود الميلانين الذي يقي نوى خلايا الجلد من الأشعة فوق البنفسجية القوية. وتمت ملاحظة ذلك، مثلاً، بمقارنة الأبوريجين الأصليين في أستراليا والبحارة الشراعيين من أصل أوروبي، فإن الأخيرين عرضة للميلانوما أكثر بكثير من الأبوريجين aborigènes. والشئ ذاته بالنسبة للصينيين الذين يعيشون في

كاليفورنيا، الذين يصابون بأربعة أضعاف الصينيين الذين ما زالوا في الصين. لأنه وإن كان خط العرض واحدًا إلا أنهم في الصين لا يتعرضون أنفسهم للشمس. ومن جهة أخرى فإنه بالنسبة للشعوب التي هاجرت إلى المناطق المعتدلة والباردة، فإنه يبدو أن قابلية التركيب الحيوى للفيتامين D هي التي حددت ألوان جلدهم الوسطية. ففي المناطق المشمسة قليلاً، وفي شروط ما قبل التاريخ، فإن التركيب الحيوى للفيتامين D، كان يتم بشكل أساسى عبر الجلد تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية. وبما أن هذه الأشعة في المناطق الباردة قليلة، فإن حجبها بوجود كمية كبيرة من الميلانين في الجلد، سيؤدى إلى الإصابة بالخرع نتيجة النقص فى الفيتامين D. وسيكون ذلك أقل حدوثاً لذوى الجلد الفاتح. وهذا من كل بد ما جرى فى عصور ما قبل التاريخ ويفسر توزيع ألوان الجلد بين الشعوب.

وهناك حجج تقدم بالنسبة لأميركا الهندية حيث، وإن كان الاستعمار البشرى حديثاً، فإننا نلاحظ توزيع الأصبغة الجلدية حسب خطوط العرض الجغرافية. مما يدعو للتفكير بأن هذه التغيرات اللونية يمكن أن تحدث بشكل سريع نسبياً. كذلك هي الحال بالنسبة لشعوب تملك الميراث الجينى ذاته تقريباً، مما يدل على أصل مشترك يعود على الأكثر لـ ٢٠ أو ٣٠ ألف سنة على الأكثر (مثلاً بين الميلانيزيين والبولينيزيين وبعض سكان جنوب شرق آسيا) فإن لهم ألوان جلد مختلفة تماماً، وشعر مختلف تماماً، وأطوال قامة مختلفة تماماً.

إن شعوب وسط إفريقيا متوسطى الطول أو قصار، وشعرهم أجعد، وجلدهم قاتم جداً مثل بعض البابو أو الميلانيزيين. لكن إذا تفحصنا الميراث الجينى فهو مختلف جداً بين هذه الشعوب المتشابهة ظاهرياً.

ويملك البابو والميلانيزيين تواترات جينية مثل التي للشرقيين، وهي أقرب للصينيين والفيتناميين أو البولينيزيين منها للإفريقيين. وبالتالي، فإنه من الواضح جداً أن التشابه هو ثمرة الوسط البيئى، بينما القرابة الجينية هي ثمرة التاريخ والجغرافيا. فرغم اختلافاتهم الفيزيائية، فإن الميلانيزيين والبولينيزيين والفيتناميين هم أقرب الأقرباء، منهم عن البانتو والبابو وإن كانوا يشبهونهم فيزيائياً أكثر.

إن تحليل متتاليات الدنا فى المقتدرات (المصورات الحيوية - الميتوكوندريا) mitochondrial لدى ١١٩ من سكان السنغال من قبل لوران غرافن Laurent Graven ولوران اكسكوفيه Laurent Excoffier تظهر اختلافات عديدة. إذ يوجد بعض الأحرف من الشيفرة الوراثية مختلفة بين كل زوج من الأفراد المدروسين تقريبًا. وفى سان ديبغو درس باسكال غانيو Pascal Gagneux تنوع مجموع نوعنا البشرى، مقارنة متواليات من الدنا لدى ٨١١ إنسانًا حديثًا. كما درس أيضا عددًا من الشمبانزى، وحوالى عشرين من الغوريلا، وعددًا من قرود البونوبو. وفى مجموعة واحدة من الشمبانزى، فإننا نجد أفرادًا جيناتهم مفصولة منذ مئات الآلاف من السنين. والشئ نفسه لدى الغوريلا والأورانغ أوتانغ.

أما عند البشر، وعلى العكس من ذلك، فإننا نجد متتاليات مختلفة عنهم، لكن مع ذلك تختلف عن بعضها البعض بشكل طفيف. مما يثبت أن الجد المشترك لكل هذه المتواليات هو أقرب منا زمنيًا. وأجريت حسابات على عدد كبير من متتاليات الدنا، النوى هذه المرة، من قبل اليابانى تاكاهاتا. وأظهرت أن نموذج التنوع الملاحظ على مستوى الدنا البشرى لا يمكن تفسيره منطقيًا إلا إذا كان عدد أجدادنا على الأقل منذ أن وُجد البشر حوالى ٥٠٠٠ ولود. وبواسطة طرق للتقليد معقدة جدا، فإننا نجد فى التغييرات الجزيئية الإنسانية، آثار توسع حصل قبلنا بين ٦٠٠٠٠ و ٨٠٠٠٠ سنة. وذلك تمامًا قبل إعادة استعمار الكوكب من قبل الإنسان الحديث.

لقد هاجر الإنسان الحديث انطلاقًا من مجموعة سكانية مؤسسة، ومالكة لعدد كبير من الجينات المختلفة. ثم، بذهابه إلى نهاية العالم، من هذه الجهة أو من الجهة الأخرى، فإن هذه المجموعة المتولدة أو تلك، فقدت بعض تنوعات هذه الجينات، خاصة الأشكال النادرة منها. لكن لماذا بواسطة هذه الآلية لا نحصل على مجموعتين سكانيتين تملكان جينات مختلفة تمامًا بالنسبة لمنظومة وراثية واحدة؟ يوجد تفسيران لذلك: الأول، هو أنه قليلًا ما حصل انفصال مديد بين مجموعات سكانية بشرية حديثة. والثانى، إنه إذا حصل انفصال فى الحقبة الحجرية القديمة، فإن الهجرات اللاحقة على الأقل اعتبارًا من الحجرى الحديث، قد عاوضت ذلك



الانقطاع، وذلك بإعادة توزيع الجينات كلها بين المجموعات السكانية الجديدة، الأكثر عددًا وعبر القارات.

وأخيرًا، فإن ما قبل التاريخ قَدَم تحولات في المناخات. قبل ١٨٠٠٠ سنة، ونظرًا لتكون الجليد، فإن منسوب مياه البحار كان أخفض بـ ١٢٠ مترًا، وكان يمكن العبور مشيًا على الأقدام إلى بورنيو أو حتى تيمور؛ ويبقى بذلك ٩٠ كم فقط من البحر يجب عبورها للوصول إلى غينيا الجديدة، التي كانت في حينه متصلة باستراليا. هناك بشر فعلوا ذلك قبل ٥٠٠٠٠ سنة، وطبعًا استطاع آخرون تكراره بكل سهولة قبل ١٨٠٠٠ سنة بعد أن تعلموا الإبحار. وفي المرحلة ذاتها، كانت الصحراء أوسع بكثير مما هي عليه الآن. وكانت تصل حتى الساحل، في ساحل العاج. وهناك بشر حُصروا في إفريقيا الوسطى في هذه المرحلة، في ظروف مناخية خاصة جدًا، ومختلفة عن باقي العالم، ولا بد معزولة جدًا. ولعل هذا هو منشأ التمايز الفيزيائي لقسم كبير من الأفارقة ولبعض الغرابة في تواترات الجينات جنوب الصحراء. وكان من غير الممكن في تلك الحقبة العيش في شمال أوروبا أو أمريكا الشمالية، نظرًا لامتداد الأراضي الجليدية القطبية، وللظروف المناخية القاسية. واضطر البشر للتحرك. واضطر الصيادون ما قبل التاريخ أن يتحركوا، بما أن الحيوانات والنباتات التي كانوا يقتاتون منها قد تحركت أيضًا، وذلك أحيانًا حتى ٢٠٠٠ أو ٣٠٠٠ أو ٤٠٠٠ كم على خطوط العرض. وبالتالي ما كان باستطاعة أجدادنا الصيادين وملتقطي الثمار أن يتطوروا لو بقوا في المكان ذاته، كما يعتقد أصحاب النظريات المسماة "المناطق المتعددة" بالنسبة لتاريخ السكان، والمناصرين لفكرة تباعد قديم بين الأعراق البشرية، مما يدحضه علم الوراثة الآن، دون أدنى شك. وتظهر الدراسات الوراثة الآن مناطق دائرية لتواتر الجينات حول مراكز انتشار الزراعة، وذلك على كل القارات، مما يؤكد نظرية إعادة الإعمار، على الأقل الجزئي، وذلك منذ اختراع الزراعة و/أو الهجرات المستمرة عبر القارات.

لقد تم تصنيف العائلات الكبيرة للغات الإفريقية من قبل جوزيف غرينبرغ Joseph Greenberg منذ حوالي ٣٠ سنة، وهناك ٤ عائلات لغوية كبيرة فى إفريقيا: فهناك العائلة المسماة الإفريقية - الآسيوية، التى تضم لغات شمال إفريقيا، وجزء من الصحراء وشرق إفريقيا، وكذلك اللغات المحلية فى شبه الجزيرة العربية والشرق الأوسط. أما مجموعة النيجر - الكونغو فتضم لغات غرب إفريقيا والبانطو. وتضم عائلة الخويسان khoisan اللغات المتمطقة (á clicks) المحلية فى جنوب إفريقيا ومجموعتين سكانيتين فى تنزانيا. وأخيرًا هناك مجموعة خاصة هى النيل - الصحراء، ويعتقد أنها تتوافق مع المنحدرين مباشرة من سكان الصحراء القدماء، خلال المرحلة الخصبة، منذ عشرات الآلاف من السنين. وتفصل الدراسة الوراثية لهذه المجموعات السكانية، وبطريقة باهرة، هذه المجموعات اللغوية: فإن مجموعات النيجر - كونغو، الخويسان، شرق إفريقيا والإفريقيين - الآسيويين تتباعد بالتوازي بين اللغات التى يتكلمونها وتوابعاتهم الجينية.

يعطى كل من علم الوراثة واللغات التصنيفات ذاتها لهذه المجموعات السكانية. لكن، اللغة المحلية لا علاقة لها بالدنا، والدنا الذى نحمله لا علاقة له طبعًا باللغة التى نتكلمها! وإذا كان هناك كما تظهر الملاحظات ترابطًا قويًا بين هاتين الظاهرتين، والتى ليست الواحدة سببًا للأخرى، فلا بد من وجود "منسق" مشترك بينهما: وهو تاريخ استعمار إفريقيا الأخير. لقد انطلق إعادة إعمار إفريقيا من إفريقيا الشرقية أو من شرق الصحراء خلال مرحلة خصبة قديمة. ومن هنا كان لدينا كل التنوع الجينى البدئى. ثم حصلت هجرة أولى، ولا نعرف تمامًا متى، حملت معها أجداد الخويسان عبر تنزانيا إلى جنوب إفريقيا. ووزعت هجرات أخرى لاحقًا، مجموعة النيل - الصحراء خلال آخر مرحلة خصبة للصحراء. وأخيرًا فإن مجموعة النيجر - الكونغو نشأت من الانكفاء باتجاه الغابة الغينية، أو نحو نيجيريا والكامرون، من قبل مجموعات فرّت من المنطقة الصحراوية، التى كانت تتعرض لتصحّر جديد. وبقية القصة معروفة جيدًا، فإنها تتعلق بظهور التعدين والهجرات خاصة بالنسبة للبانطو. يمكننا إذن توحيد معلومات الوراثة، والألسنيات، والآثار لفهم بشكل أفضل تاريخنا القديم.



## عن الرجل (والمرأة) ما قبل التاريخ<sup>(٦)</sup>

بقلم: كلودين كوهين

Claudine COHEN

ترجمة: د. سامر اللانقاني

فى عام ١٨٣٣، نشر عالم الأجناس البشرية الفرنسى غابرييل دى مورتيليه Gabriel de Mortillet كتاب "ما قبل التاريخ": وهو مجموع العلوم المجمعّة خلال عصره حول حقبة ما قبل التاريخ. وكان هذا علمًا جديدًا جدًا: إذ فقط قبل عقدين من الزمن أظهر بوشيه دى برتس Boucher de Perthes أمام أعين معاصريه المشككين ثم المنبهرين برهان أقدمية الإنسان، وأثبت أن كائنات بشرية عاشت سويًا فى أزمنة لم تحفظ أى كتابة ذكراها، مع حيوانات منقرضة الآن: الماموث، دب الكهوف، وحيد القرن الصوفى، واستطاع أن يبقى على قيد الحياة رغم البرد الجليدى فى أعماق الكهوف، ومسلحًا بهراوات بسيطة من الصوّان المنحوت.

وعمل Mortillet فى سبيل منح هذا العلم المبتدئ مزيدًا من الصرامة. فصنّف حسب ترتيب نموذجى ومتطور الحضارات الإنسانية لهذا الرجل، الذى لم يعد يدعى "من زمن ما قبل الطوفان". وفى عام ١٨٦٥، نحت John Lubbock تعابير: "الحجرى القديم" للدلالة على حضارات الحجر المنحوت، القديمة أى حضارة الصيادين-الملتقطين، والحجرى الجديد للحضارات الأحداث، للحجر المصقول والفخار، الوصفى للأزمنة الأولى من الاستقرار والزراعة وتربية الحيوان.

وكانت دراسة Mortillet عن إنسان ما قبل التاريخ، قد نهلت من أبحاث

---

(٦) نص المحاضرة رقم ١١ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١١ يناير ٢٠٠٠.

Boucher de Perthes فى وادى السوم Somme الأخفض، ومن الاكتشافات الرائعة لكل من Lartet و Christy فى وادى الفيزير Vézère والدورودون Dordogne. ومستوحياً من نظرية التطور الداروينية (أو ما كان يعتقد أنه يعرف عنها) قام بوصف السيرورة الخطية والمتدرجة للإنسان ولحضارته، منذ البدائيين وحضارة ذات الوجهين من الـ Acheuléen والـ Chelléen، وصولاً إلى صناعات رجل النيانديرثال Neandertal (الموسترى) والحضارات السولترية والمجدلية الوصفية للإنسان العاقل. وهذا التطور فى السلالة البشرية وصل إلى ذروته إلى رجل كرومانيون Cro-Magnon، وهو رجل يشبهنا، ذات جبهة عالية وبنية قوية، وتم اكتشافه عام ١٨٦٨ فى وادى الفيزير. وفى جذور هذه السلالة اللامعة تخيل Mortillet جد هو نصف قرد - نصف إنسان Anthropopithèque، الذى نسبت إليه صناعة صغيرة قائمة على الصوان المكسر الذى عثر عليه فى Thenay فى مقاطعة Loir-et-Cher، وتم التأكد لاحقاً أنها مجرد أحجار تكسرت بعوامل الطبيعة لا غير.

واليوم، فى عام ٢٠٠٠ تغيرت صورة إنسان ما قبل التاريخ كثيراً. وتغيرت الأفكار حول التطور، والنظرية المركبة الجديدة منذ الثلاثينيات، تدحض صورة تطور تم فهمه على أنه تقدم خطى/ يشدد على التنوع، وتفرع الأشكال، ومفهوم المصادفة والتاريخ وغير المتوقع. وأغنت اكتشافات كثيرة رؤيتنا للماضى الإنسانى ما قبل التاريخ. وليس فقط فى منطقة Loir-et-Cher ووادى Somme والـ Vézère نبحث عن أصول الإنسان، لكن أيضاً فى الشرق الأوسط ووسط أوروبا، وحدود إفريقيا، وأندونيسيا والصين...

وأصبحت النظرة على ما قبل التاريخ عرقية بشكل أكثر مباشرة، وارتبطت الرغبة بالتعرف بشكل أفضل على المجتمعات الإنسانية الأولى على حقيقتها، بمتطلبات صرامة أشد فى البحث فى المخبر وعلى الأرض. وتلجأ هذه البحوث إلى طرق جديدة متعددة: تقنيات دقيقة جداً، القطع الأفقى للمواقع، إعادة تركيب

الأدوات، وطرق كمّية لإعادة تشكيل الحياة. ويسعى ما قبل التاريخ التجريبي، بنحت واستعمال الأدوات وإعادة إنتاج حركات النحات أو الرسام، إلى العثور على الأفكار والخطوات الإجرائية للإنسان في هذا الماضي السحيق. وتهدف هذه المقاربة التجريبية والاستعرافية إلى إعطاء صورة أكثر حيوية، وحقيقية، أكثر إنسانية، للماضي البعيد لجنسنا البشرى. وأخيرًا، لقد تنوعت الرؤية تجاه إنسان ما قبل التاريخ، وتعددت، وفتحت المجال للتفكير حول دور، أو الأدوار الممكنة للمرأة ما قبل التاريخ.

### سلالة الإنسان العاقل

لقد أكد داروين قائلًا "إن الإنسان ينحدر من القرد"، وفعل ذلك لامارك من قبله. إن نظرية التطور التي نشأت في القرن ١٩، قادت إلى التفكير بأصل الإنسان، ليس كمخلوق، لكن كجزء من سلسلة، مما يجذر جنسنا في مجموع المملكة الحيوانية. ومنذ حينه، أصبح رسم شجرة عائلة الإنسان، يعنى جمع وإعطاء معنى تطوري لكل هذه البقايا العظمية التي أطلق عليها اسم:

Ardipithecus Ramidus, Australopithecus, Homo habilis, ergaster, rudolphensis, erectus, neandertalensis, sapiens,...

والتي ترسم، منذ ما قبل التاريخ الإفريقي القديم، مجموعة أسلافنا؛ وتطرح أسئلة على مجريات تشكل الأحداث المعقدة (الحيوية - الثقافية - البيئية) التي حصلت منذ قبل ٥ مليون سنة.

ويجعل تعدد أجناس أشباه الإنسان المستحاثية المعروفة منذ عصور قديمة من المستحيل اعتماد مفهوم نهائى وخطى لهذه الصيرورة. بل يجب اللجوء إلى نموذج متفرع أو متشجر، الذى يوضح بشكل أفضل غزارة أجناس أشباه الإنسان، التي هي أحيانًا متعاصرة فيما بينها، والتي سبقتنا. وبالمواجهة مع فكرة تقدم تدريجى يمكن أن نطرح احتمال وجود آليات تطورية أكثر فجائية و مصادفة: وأكد ستيفن

جى غولد Stephen Jay Gould مجدداً، بعد علماء الجنين فى بداية القرن، أهمية مفهوم الـ néoténie بالنسبة للتطور الإنسانى: وهذا يعنى بقاء صفات طفلية أو حتى مضغية حتى عمر الكهولة، مما يسمح بظهور أشكال قليلة التخصص ضمن سلالة معنية، ويمكن أن ينشأ عنها مجموعات جديدة. وبالتالى يمكن أن يكون الإنسان حيواناً نيوتينياً ويكون شكلاً مشتقاً من جد الشمبانزى الذى حافظ فى عمر كهولته على صفات الشاب... وإحدى الميزات الخاصة للإنسان هى تأخر عمر النضوج والمحافظة على صفات الشباب. يتجلى هذا التأخير ببعض الصفات التشريحية: تراجع الشعرانية، الأذرع القصيرة، الرأس الكبير مقارنة مع باقى الجسم، الدماغ الكبير، الجبهة المنتصبة، تراجع الوجه،... وأيضاً نفسيته وتصرفاته: فترة التعلم الطويلة، المتعة فى اللعب، قابلية تبدل وتشكل الجهاز العصبى والقدرة على اكتساب المهارات حتى أعمار متقدمة... ويمكن شرح اكتساب الإنسان لهذه الصفات، وتوافقها أيضاً، بآلية بسيطة (وعفوية) للتطور.

لقد ارتبط طويلاً البحث عن أصول الإنسان بمفهوم "مهد" البشرية، الذى أشار إليه تيار دورشاردان Teilhard de Chardin مازحاً بأنه مهد "على دواليب". وتم البحث عنه فى آسيا، وفى أوروبا، ولكن الآن فرضت نفسها إفريقيا كمكان التجذر الأكثر احتمالاً بالنسبة لأشباه البشر ولنوع Homo (الإنسان). إن اكتشاف أشباه البشر المعروفين الأكثر بدائية (القرود الجنوبي) australopithèques، ثم أولاً فى جنوب إفريقيا ثم فى شرق إفريقيا. وهذا يقود للتفكير بأن مهد عائلة أشباه البشر موجود فى هذه المناطق.

هل يجب اعتبار وادى الرفت الإفريقى الكبير كالمكان الأكثر احتمالاً لأصل عائلة أشباه البشر؟ إن هذه النظرية تتم مناقشتها الآن. إذ يمكن تفسير الاكتشافات الكثيرة والمذهلة فى هذه المواقع، بشروط حفظ المستحاثات غير العادية والشروط الجيولوجية المساعدة بشكل خاص فى مثل هذا النوع من الاكتشافات. نذكر مثلاً "لوسى" وهى استرالوبيثيك بدائية جداً عمرها ٣ مليون سنة تم اكتشاف بقاياها شبه

الكاملة فى موقع هادار فى أثيوبيا عام ١٩٧٤. واليوم يجب أن تتم مراجعة نموذج قصة "الحى الشرقى" التى تقول إن أشباه الإنسان الأوائل ظهرت أول الأمر فى شرق وادى الرفت، بعد أن تم حفر هذا الأخدود قبل ٧ ملايين سنة: فلقد تم العثور على فك سفلى لاسترالوبيتك من قبل عالم الإحاثة الفرنسى Michel Brunet على بعد ٢٥٠٠ كم غرب وادى الرفت وذلك فى التشاد. وهذا الفك المعاصر للوسى، يوحى بأن التاريخ البشرى فى هذا العصر البعيد، يطرح تساؤلات حول عوامل بيئية وتصرفية أكثر تعقيداً عن التى تم الاعتقاد بها حتى الآن. وهذا الاكتشاف أعاد إلى الواجهة التساؤل حول مهد البشرية: ويضطرنا إلى التفكير بشكل مبكر حول مواضيع الانتشار والهجرات، وعلى اعتبار أنه فى هذه الأزمنة السحيقة من البليوسين، قبل حوالى ٣ ملايين سنة كان أشباه البشر منتشرين فى جزء كبير من القارة الإفريقية.

وحسب إنشاءات البيولوجيا الجزيئية، فإنه يجب اعتبار الجذر المشترك لأشباه الإنسان والقرود الكبيرة يقع بين ٥ و ٧ ملايين سنة قبل الزمن الحاضر. وإن بقايا *Ardipithecus ramidus* التى تم اكتشافها فى أثيوبيا تم تصنيفها عام ١٩٩٤ فى نوع جديد تضعه أقدميته (٤,٤ مليون سنة) قريباً جداً من الأصل المشترك للقرود الإفريقية الكبيرة وأشباه البشر الأوائل.

ويضم جدول تطور العائلة البشرية أنواعاً عديدة من الأسترالوبيتك، وأشباه البشر هؤلاء، ذات المظهر البدائى، والجبهة المنخفضة، والسير على اثنين، عاشوا سوياً فترات طويلة وتعود إلى ٣,٥ و ١ مليون سنة قبل زمننا.

أما بالنسبة للممثلين الأوائل لجنس *Homo* فيمكن التعرف عليهم فى فترات بعيدة جداً: فى أولدوفاي *Olduvai* (تانزانيا) الرجل الماهر *Homo habilis* اعتباراً من ٢,٥ - مليون سنة. وتمت تسميته كأقدم ممثل للجنس الذى ننتمى إليه، لكن من الممكن أن يكون قد عاش بالوقت ذاته فى إفريقيا مع نوع ثان من جنس *Homo* وهو *Homo ergaster* "الإنسان العامل".



واعتباراً من ١,٧ مليون سنة ظهر "الإنسان المنتصب" Homo erectus . وذلك في إفريقيا، وانطلاقاً منها سوف ينتشر في كل العالم القديم. والإنسان المنتصب ذات قامة أطول وهيكل عظمي أثقل. وجمجمته الأكبر والأقوى تصل سعتها إلى حوالي ٨٠٠ سم<sup>٣</sup>. وسوف ينتشر في المناطق المعتدلة للكرة الأرضية في جنوب شرق آسيا وفي آسيا الشرقية في القارة الهندية وأوروبا. حضارياً فهو بدأ ينتقل باتجاه مجتمعات أكثر تعقيداً: فقد طوّرت تقنيات الصيد، وسيطر على النار. وحوالي ١,٥ مليون سنة اخترع الصوان المنحوت على الوجهين، الذي للمرة الأولى في تاريخ الإنسانية يعبر عن حس التناظر والجمال.

أما إنسان النياندرتال فيبدو أنه ظهر قبل حوالي ٤٠٠,٠٠٠ سنة في غرب أوروبا. لكن نجده في الشرق الأوسط، إسرائيل، والعراق بين ١٠٠,٠٠٠ و ٤٠,٠٠٠ سنة قبل الزمن الحاضر. وأشبه البشر هؤلاء يمتازون بجبين منخفض ووجه متراجع إلى الوراء على شكل الخطم، وبنية ضخمة. أما جمجمتهم فسعتها تناسب جمجمتنا أو تتفوق عليها أحياناً. ولقد استقروا في أوروبا الغربية، في العصر الحجري القديم الأوسط (أي حتى قبل حوالي ٣٥,٠٠٠ سنة) وقبل أن يتم استبدالهم فجأة، وبطريقة غير مفهومة، من قبل إنسان من النموذج الحديث في العصر الحجري القديم العلوي. أما في الشرق الأوسط فتبدو الأمور أكثر تعقيداً، ففي الحجري القديم الأوسط، يبدو أن النيانديرتالي كان معاصراً، في الأمكنة ذاتها، للإنسان العاقل البدائي. وخلال عشرات الآلاف من السنين، شاركه ثقافته. وفي هذه المواقع في الشرق الأوسط، تشارك كل ممثلي العائلة البشرية بالثقافة "الموستيرية" وليس فقط النياندرتاليين كما هي الحال في أوروبا. وبشكل خاص فإن ممارسة الدفن لا علاقة لها بهذا النموذج أو ذاك من النماذج البيولوجية لأشباه البشر، لكن بما يمكن أن نطلق عليه اسم "الثقافة الموستيرية"، وهي الشيء المشترك لديهم جميعاً.

هل هو تاريخ من الحب أو الحرب... أو مجرد تعايش؟ هل كان ممكناً للنياندرتال والعاقل أن يعيشوا سوياً في الأمكنة ذاتها. وأن يكون لديهم، مع بعض

الاختلافات الطيفية، الثقافة والطقوس الجنائزية ذاتها، دون أن يحصل تبادل جنسى فيما بينهم؛ بالنسبة للبعض، يمكن اعتبارهم عرقين للنوع ذاته، وبالتبادل هناك خصوبة فيما بينهما. ومن الممكن أن يكون النياندرتالى قد ساهم فى اغتناء الميراث الجينى للإنسان الحديث. لكن هناك آخرون يرفضون هذه النظرية، استناداً على الدراسة الحديثة لقطعة من الدنا النياندرتالى، التى يبدو أنها تؤكد، وإن كان بشكل ما زال ضعيفاً، الفصل بين النوعين وبالتالي استحالة إخصابهم المتبادل.

قادت إنجازات علم الوراثة والبيولوجيا الجزيئية إلى طرح السؤال عن أصل الإنسان العاقل والتنوع البشرى الحالى بطريقة جديدة. وفى منتصف القرن العشرين اعتبر Franz Weidenreich، استناداً على دراسة أشباه البشر من المستحاثات الصينية sinanthropes (إنسان الصين)، اعتبر أنه لم يكن هناك بؤرة واحدة، لكن عدة مراكز، استطاع الإنسان أن ينشأ فيها. وحسب رأيه، فإن الاهتمام الكبير الذى أولى للمستحاثات الأوروبية قد أخفى وجود ميزات مهمة محلية عند أشباه البشر من الحجرى القديم السفلى (مثلاً بين إنسان الصين sinanthrope والـ pithécanthrope فى جافا). وخلال التطور المتوازي لهذه المجموعات المفصولة عن بعضها البعض بحواجز جغرافية، فإن الاختلافات التى كانت موجودة فى هذه المرحلة استطاعت أن تستمر وصولاً إلى الأشكال الحالية. وهذه الأفكار ما زالت أصل المقاربات "متعددة المراكز" التى تحاول إعادة تركيب الشبكة المعقدة لأصل المجموعات السكانية الحالية، والتى حسب رأيهم هى وريثة الأشكال المحلية للإنسان المنتصب Homo erectus، والتى تعود إلى ٥٠٠,٠٠٠ سنة، بل حتى إلى قبل مليون سنة. وهذه المقاربة التى تفضل دراسة المستحاثات الآسيوية، تتوجه بالانتقاد إلى الأساطير حول "جنة عدن"، وإلى التركيز على أوروبا الذى استحوذ على الاهتمام لفترة طويلة فى دراسات التنوع للإنسانية الحالية والمستحاثات.

ومقابل هذه المواقف "متعددة المراكز"، يدافع أصحاب "المركز الوحيد" عن النظرية القائلة بحدوث استبدال سريع لأشكال أشباه البشر البدائيين من قبل إنسان

عاقِل، تَشْرِيحًا حَدِيثُ الشَّكْلِ: وَيَحَاوِلُ أَصْحَابُ هَذِهِ النَّظَرِيَّةِ انْطِلَاقًا مِنْ دِرَاسَةِ الْاِخْتِلَافَاتِ الشَّكْلِيَّةِ وَمَعْطِيَّاتِ الْبَيُولُوجِيَا الْجَزِيئِيَّةِ إِعَادَةَ تَشْكِيلِ الْأَصْلِ الْوَحِيدِ لِكُلِّ الْمَجْمُوعَاتِ السَّكَّانِيَّةِ الْبَشَرِيَّةِ. وَانْتَهَتْ هَذِهِ الدِّرَاسَاتُ إِلَى حِسَابِ "لِلْمَسَافَاتِ الْوَرَاثِيَّةِ" بَيْنَ الْمَجْمُوعَاتِ السَّكَّانِيَّةِ الْحَالِيَّةِ، وَقَدِمَتْ النَّظَرِيَّةُ الْقَائِلَةُ "بِحَوَاءِ إِفْرِيْقِيَّةِ" كَانَتْ "الْأُمُّ" الْمَشْتَرَكَةُ لِكُلِّ الْبَشَرِيَّةِ.

وَالنَّظَرِيَّةُ الْقَائِلَةُ بِالْأَصْلِ الْوَحِيدِ وَالْإِفْرِيْقِي لِنَوْعِ "الْإِنْسَانِ الْعَاقِلِ" Homo sapiens، قَبْلَ حَوَالِي ٢٠٠٠٠٠ سَنَةٍ، تَتَوَافَقُ مَعَ فِكْرَةِ انْفِصَالِ حَدِيثِ بَيْنَ الْمَجْمُوعَاتِ السَّكَّانِيَّةِ الْبَشَرِيَّةِ الْحَالِيَّةِ، وَإِلَى تَمَازِيْزٍ ضَعِيفٍ فِيمَا بَيْنَهَا. لَكِنَّا بِحَاجَةٍ إِلَى إِثْبَاتٍ، لَيْسَ فَقَطْ عِبْرَ تَجَارِبٍ جَدِيدَةٍ وَتَصْنِيفٍ صَارِمٍ، لَكِنْ عِبْرَ شَهَادَاتٍ مِنَ الْإِحَاثَةِ، وَهِيَ نَادِرَةٌ بِالنِّسْبَةِ لِهَذِهِ الْحَقْبَةِ فِي هَذِهِ الْمَنْطَقَةِ الْجُغْرَافِيَّةِ.

وَيَبْقَى رَسْمُ الشَّجَرَةِ السَّلَالِيَّةِ لِلْعَائِلَةِ الْبَشَرِيَّةِ خِلَالِ تَارِيخِ عِلْمِ الْإِنْسَانِ الْقَدِيمِ وَمَا قَبْلَ التَّارِيخِ، مَجَالًا مَفْتُوحًا لِلنَّقَاشَاتِ، حَوْلَ النَّمَاذِجِ التَّطَوُّرِيَّةِ وَالْآلِيَّاتِ الْبَيِّنِيَّةِ مِنْ جِهَةٍ، وَالْمَعَايِيرِ الْبَيُولُوجِيَّةِ وَالثَّقَافِيَّةِ الْفَاعِلَةِ مِنْ جِهَةٍ أُخْرَى. وَيَبْدُو تَارِيخُ الْعَائِلَةِ الْبَشَرِيَّةِ مَعْقَدًا جَدًّا مِنْذُ نَشَأَتِهِ: فَعِنْدَ جُذُورِ الشَّجَرَةِ السَّلَالِيَّةِ قَبْلَ ٤ مِلْيُونِ وَ١ مِلْيُونِ سَنَةٍ، تَفْرَعُ أَشْبَاهُ الْبَشَرِ عَلَى الْأَقْلَى إِلَى جَنْسَيْنِ: الْقَرْدِ الْجَنْوَبِيِّ وَالْإِنْسَانِ. وَنَشَأَ تَشْجَرٌ مِنَ الْأَنْوَاعِ، بَعْضُهَا كَانَ مَعَاصِرًا لِلْآخَرِينَ، وَأَحْيَانًا فِي الْمَوَاقِعِ ذَاتَهَا. إِنْ تَزَايَدَ الْاِكْتِشَافَاتُ وَإِدْخَالُ طُرُقِ التَّصْنِيفِ الْمَعْلُومَاتِيَّةِ، وَانْقِلَابَاتُ مَسَلِمَاتِ الْعِلْمِ، كُلُّ هَذَا أَدَّى إِلَى إِبْغَاءِ فِكْرَةِ الْبَحْثِ عَنْ "حَلْقَةٍ مَفْقُودَةٍ" وَاحِدَةٍ بَيْنَ الْقَرْدِ وَالْإِنْسَانِ. لَقَدْ تَمَّ إِعَادَةُ نَوْعِ "الْإِنْسَانِ الْعَاقِلِ" إِلَى إِطَارِ عَائِلَةٍ عَرَفَتْ تَنَوُّعًا كَبِيرًا فِي الْعَالَمِ الْقَدِيمِ كُلِّهِ. وَإِنْ تَكُنْ مَعْظَمُ أَنْوَاعِ أَشْبَاهِ الْبَشَرِ قَدْ انْقَرَضَتْ فَإِنَّ ذَلِكَ يُعْتَبَرُ ظَاهِرَةً عَادِيَّةً فِي تَارِيخِ الْأَحْيَاءِ، وَلَا يَعْنِي مَطْلَقًا أَنَّ نَوْعَنَا هُوَ الْوَحِيدُ الْمَقْدَرُ لَهُ أَنْ يَبْقَى عَلَى قَيْدِ الْحَيَاةِ. فَخِلَالِ عَشْرَاتِ الْأَلْفِ مِنَ السَّنِينَ، اَزْدَهَرَ الْنِيَانْدَرْتَالِيُونُ وَأَحْيَانًا عَاشُوا سَوِيًّا مَعَ نَوْعِنَا، ثُمَّ انْطَفَأُوا، حَالَهُمْ مِثْلُ حَالِ مَعْظَمِ الْأَنْوَاعِ الْحَيَّةِ. وَحَصَلَ ذَلِكَ مِنْذُ أَكْثَرِ مِنْ ٣٠٠٠٠ سَنَةٍ بِقَلِيلٍ وَلِأَسْبَابٍ مَا زَالَتْ مَجْهُولَةً حَتَّى

الآن. لكن كان يمكن لهم أن يبقوا على قيد الحياة، وعندها لكانت رؤيتنا لأنفسنا قد تغيرت بشدة.

### مستقبل الحضارات الإنسانية

"لقد بدأ التطور "البشرى" من القدمين"... كان André Leroi-Gourhan يحب أن يثير الآخرين بهذه المقولة، مشددًا على أن اكتساب السير على قدمين سبق فى التاريخ البشرى تطور الدماغ.

وفى الواقع، فإن الاكتشافات الحديثة أظهرت أن القدرة على السير على اثنين قد تم اكتسابها باكراً جداً فى تاريخ العائلة البشرية، وذلك قبل ٣ إلى ٤ مليون سنة. والدراسات التى جرت بالنسبة لحركة الاوسترالوبيثك استنتجت أنه كان يمشى على اثنين، وإن كان أحياناً ينتقل بقوة ساعديه عندما كان يتعلق على الأغصان بذرعيه. ولقد تم اكتشاف آثار أقدام عام ١٩٧٧ فى لائيتوليل Laetolil فى تنزانيا وتعود إلى قبل ٣,٦ مليون سنة وهى تخص من كل بد شخصين يسيران جنباً إلى جنب وعلى قدمين... مما يؤكد أن وضعية الانتصاب والسير على قدمين كانت شيئاً مكتسباً لدى أشباه البشر البدائيين هؤلاء، وذلك قبل أن يبلغ حجم الدماغ تطوره الحالى.

يعتبر تطور الدماغ من كل بد الصفة الأكثر أهمية فى شكل الإنسان. وسمحت قوالب طبيعية عام ١٩٢٥، أو قوالب اصطناعية تم الحصول عليها اعتباراً من العلامات الانطباعية للدماغ على الوجه الداخلى للجمجمة التابعة لإحاثات أشباه بشر آخرين، سمحت بمتابعة مراحل تحول حجم الدماغ، ودرجة تروية وتعقيد التلافيف الدماغية وذلك خلال تطور أشباه البشر. ويبقى مع ذلك السؤال مطروحاً بالنسبة "للاحمرار الدماغى"، ويقضى ذلك أن هناك سعة معينة للجمجمة، تمثل الحد الأدنى الذى بعده يمكن أن نعتبر أننا نتعامل مع ممثلين لجنس Homo، الجديرين بالدخول إلى معرض أجدادنا... إن التعريف، الذى تمت مناقشته طويلاً أن الإنسان الماهر هو أول ممثل للجنس البشرى أرجع الحدود إلى ٦٠٠

سم<sup>٣</sup>... وربما أقل من ذلك أيضاً: يجب أن نقر إذاً أن تطور الدماغ لم يكن المحرك الوحيد للتطور البشرى. فهو يشترك مع صفات تشريحية خاصة بالإنسان، مثل وضعية الانتصاب، السير على قدمين، شكل اليد، صناعة واستعمال الأدوات، استعمال لغة واضحة اللفظ...

لقد حافظت يد الإنسان على النموذج البدائي ذى الخمسة أصابع، للطرف الأمامى للفقاريات التى تسير على أربع. لكن ما يميز الإنسان هو أن الطرف الأمامى متحرر تماماً من ضروريات التنقل. وإذا ربطنا ذلك بتطور الدماغ، فإن تحرر اليد فتح أمام الإنسان الإمكانيات المتعددة للتقنيات. ومجىء "ضمير" خاص بالإنسان يمكن وضعه فى خانة الإنتاجات التقنية.

هل الأداة هى كما كان يعتقد سابقاً حاملة للاختلاف غير المنقوص للإنسان؟ ولقد حاول علماء ما قبل التاريخ وعلماء الأجناس البشرية والأخلاق، أن يقارنوا على أرضية التقنيات أو تجريبياً "حضارات" الأوليات وإحاثات أشباه البشر الأوائل. واقترحوا استنتاجات أكثر مرونة من النظريات الثنائية الحادة السابقة. فإذا كانت الأداة تعرف الإنسان، فإن ظهور الإنسان لا يتطابق مع ظهور الأداة. وبعض القروود الكبيرة تعرف استعمال أو حتى صناعة الأدوات. والدراسة الدقيقة لتقنيات بعض القروود قادت أيضاً إلى ملاحظة أشكال متنوعة فى مجموعات مختلفة محددة جغرافياً، وبعض الباحثين لا يترددون أبداً فى الكلام عن "التصرفات الثقافية" عند هذه القروود. ومن جهة أخرى فإن أول صناعات معروفة للأحجار هى غالباً من إنتاج الأوسترالوبيثيك. فأشباه البشر هؤلاء يملكون دماغاً ليس أكبر من دماغ الغوريلا، هل هم أصحاب الـ pebble tools (الجارة المدورة) أو الصناعات على شظايا التى تعود إلى ٢,٥ مليون سنة، والتى وجدت مشتركة معهم فى بعض المواقع الإفريقية؟ يقر الكثيرون بذلك اليوم... وإن كان البعض الآخر يبقى متحفظاً بمنح هذه الصفة الثقافية لبشروى (hominidé) لا يملك موقعاً فى سلسلة أجدادنا! وبالتالي كان من الضروري إعادة التفكير "بالحدود" التى كانت سابقاً تبدو وكأنه لا

يمكن تجاوزها. ليس فقط بين القردة الكبيرة وأشباه البشر الأوائل، لكن أيضا بين الممثلين المختلفين للعائلة الإنسانية الكبيرة.

الإنسان فقط قادر على التنبؤ وعلى النوايا: وهو يعرف كيف يصنع أداة ليصرع الحيوان أو يقطع لحمه. والأكثر من ذلك، يصنع أداة تفيده في صنع أداة أخرى. والأداة هي آلة للعمل، لكن أيضا نتاج فعل خلاق. وإذا كانت البقايا العظمية نادرة، وتستحث بشكل سيئ، فإن الأعداد الكبيرة من قطع الصوان المنحوتة بدءًا بالأحجار المشذبة وانتهاء بأوراق الغار الأنيقة السولترية، إلى رؤوس السهام المجدلية تسمح جميعها بمتابعة آثار الطرق التي اتبعها البشر، وتقييم تقدمهم في سبيل غزو الطبيعة والسيطرة عليها، وللإحساس بالتعقيد المتزايد للمبادلات فيما بينهم واتصالاتهم.

تم توصيف "حضارات ما قبل التاريخ" تقريبًا فقط بالأدوات الحجرية التي تؤلفها. فالموستري والسولوترى والمجدلى قبل كل شيء أدوات وتقنيات حجرية تم وصفها وأرشفتها ودراستها حسب توزيعها الإحصائي. ومع ذلك فإن المقاربات الراهنة تحاول أن تتوسع في مفهوم "الحضارات" هذا بتوجيه الضوء على نواح ثقافية مهمة أخرى والاختراعات التقنية الأساسية مثل النار والإبرة والمنقاش والحبل والنسيج والبنى السكنية وتوزيع المجموعة الاجتماعية، تقسيم العمل...

وفي المراحل الأكثر حداثة من الحجري القديم العلوى، الفن بالنسبة للمفروشات أو الصخور، يظهر أن الإنسان أصبح له مدخل إلى الرمزي، وإلى التمثيل. وعديدة هي الأشياء المصنوعة من العاج، أو العظم أو خشب الرنة، المنحوتة أو المحفورة التي تم اكتشافها في مواقع تعود إلى ما قبل التاريخ، وتشهد على الخصب الفنى للصيادين الملتقطين في ما قبل التاريخ، وأن هؤلاء "البدائيين" فى الحجري القديم كانوا موهوبين ولديهم حس الفنان، أى كانوا قريبين جدا من الإنسان الحالى.

وأمام هذه التماثيل الصغيرة عن حيوانات وبشر، أو هذه العلامات التجريدية يطرح سؤال حول معناها: ولا يتردد الراهب Breuil أن يعطى شعوراً دينياً لصانعيها، وأن يفسر الأشكال والرموز المنحوتة أو المحفورة، المرسومة أو الملونة من العصر الحجري القديم، كتظاهرات لعبادات حيوانية وطقوس شامانية، يمكن أن نعثر عليها عند بعض الشعوب المعاصرة. وتعرضت نظرية الشامانية هذه للكثير من الانتقادات، ولكن تمت العودة إليها مؤخراً من قبل عالم ما قبل التاريخ الفرنسي Jean Clottes وعالم الأجناس من جنوب إفريقيا David Lewis Williams، اللذين اقترحا تفسير رموز الفن في العصر الحجري القديم مستلهمين تلك الموجودة في الشامانية، المقروءة حسبهم في الفن الصخري لرجال الأدغال في جنوب إفريقيا. ويدعم هذا التفسير، بحجج من الفيزيولوجيا العصبية، لكن هذا التفسير يبقى ضعيفاً لأنه عبر العمومية التي يفرضها، ينفي قراءات هذا الفن على ضوء سياقه المتميز ورمزيته الخاصة.

إن القدرة الرمزية التي يعبر عنها الفن هي دون شك مرتبطة بإمكانات التبادل والكلام. ونحن نعرف أن بعض مناطق الدماغ البشري متخصصة بالكلام وأن نمو هذه المناطق الدماغية بدأت ملاحظته، منذ الإنسان الماهر Homo habilis، أو ربما عند الأوسترالوبيثيك. وبعض مواصفات أعضاء التصويت (الحنجرة، نواتئ الفك السفلي لتأمين مكان لارتكاز اللسان، ومضخات الصوت الأنفية) ضرورية أيضاً، ومع ذلك تبقى هناك الكثير من الشكوك: هل كان الزئير والصراخ والغناء هي الأشكال البدائية للتعبير الإنساني؟ هل اللغة المنطوقة، من الجهتين الصوتية واللغوية، كانت موجودة في المراحل القديمة من نوع الـ Homo، أو عند الأوسترالوبيثيك، أو أنها ظهرت فقط عند الإنسان الحديث؟ هل تتجم اللغة الإنسانية من "غريزة" محددة وراثياً وهي تميزنا عن باقي الأوليات منذ بداية العائلة الإنسانية؟ أو يجب أن نعتبر اللغة كمنتج للثقافة والمجتمع؟ وتكون معاصرة عندها للسيطرة على رموز الفن؟

## نظرات جديدة على المرأة قبل التاريخ

لم يمنح القرن التاسع عشر المرأة ما قبل التاريخ صورة تمجيدية. وبطل ما قبل التاريخ، من Figuiet إلى Rosny، ليس إلا إنسان Cro-Magnon المسلح بالهراوة، وهو يجر وراءه غنيمة من شعرها ليمارس معها طقوس العريضة في ظلام المغارة... وإن وحشية "الأزمة المتوحشة" هي الحجة للتلميح عن شراسات جنسية، وعن اغتصابات. وهذا الاهتمام بالتصرفات الجنسية في زمن المنشأ ما هو إلا الوجه الآخر للحياء الكاذب السائد في هذا الزمن. ويتلاقى مع الاهتمام الذي بدأ يوجه لظلمات النفس، والدوافع البدائية، غير الواعية التي تضرب جذورها في الأزمنة السحيقة للبشرية.

وتبدو نظرتنا الآن وقد بدأت تتغير. فبطل ما قبل التاريخ، أصبح بطل اسمها "لوسى". وهى أوسترالوبيثيك تم اكتشافها عام ١٩٧٤ فى موقع هادار فى إثيوبيا، وعاشت قبل حوالى ٣ مليون سنة.

وعديدة هى القصص التى تعيد رسم أفراح وأتراح وجودها. وكعلامة لهذا الزمان: أصبح للمرأة مكان ما قبل التاريخ.

وجدد علماء الأجناس البشرية مقاربتهم لموضوع العلاقات بين الجنسين فى أزمنة ما قبل التاريخ، مشددين على أهمية فقدان الدورة النزوية Oestrus التى تميز الجنس فى الإنسان عنه عند بقية الثدييات، وذلك فى سياق آلية التأنس. فالنشاط الجنسي عند معظم الحيوانات، بما فى ذلك القروء الكبيرة، يخضع لساعة بيولوجية وهرمونية، تحدد مواعيد النزو. بينما الجنس عند الإنسان موجود فى عمق استعداد دائم. وهذه الجاهزية كانت شرط ظهور القواعد والممنوعات التى فى معظم المجتمعات تحد من استعمال وممارسات الجنس. ربما ظهرت فى حينه بعض مشاعر الحنان، وبدأت ترسم ملامح الحياة العائلية، وتقسيم العمل وقيام القواعد الأخلاقية، منع زواج السفاح، وبنى القربات، وهذا ما علمنا إياه علماء علم الأجناس البشرية على أنه فى أصل كل ثقافة.



ومنذ حوالى ثلاثة عقود، أعادت أعمال مشتركة بين علماء الأجناس وعلماء ما قبل التاريخ، التساؤل حول عدم فاعلية الدور الاقتصادى والثقافى للنساء فى مجتمعات العصر الحجري القديم. وفتحت أبحاث علماء الأجناس على رجال الأدغال فى إفريقيا الجنوبية طرقاً جديدة لفهم طرق الحياة والغذاء والبنى العائلية وتقسيم العمل حسب الجنس عند شعوب الصيادين-الملقطين. وضمن هذه المجموعات من الرّحل، فإن النساء لم يكن سلبيات أو يقمن بمهام ثانوية، أو مثبتات لضرورة تربية أولادهن، ويبقين معتمدات على الرجال للحصول على قوتهن. بل على العكس من ذلك فإن المرأة كانت تلعب دوراً فاعلاً فى البحث عن الطعام، تلتقط الثمار وتصيد عندما تسنح الفرصة، تستعمل أدوات وتحمل أطفالها معها حتى عمر الأربع سنوات، وتمارس بعض تقنيات الحد من النسل (مثل الإرضاع الطويل). وقادت هذه الدراسات علماء ما قبل التاريخ إلى التفكير من جديد حول طريقة حياة الرجل العاقل فى الحجري القديم العلوى، وعلى رفض النماذج التى كانت تعتبر أن الصيد (وهو نشاط ذكوري حصرياً) هو أصل أشكال الحياة الاجتماعية. وبدأوا بوضع سيناريوهات أكثر تعقيداً وتنوعاً، مظهرين إمكانيات مشاركات مختلفة بين الرجال والنساء فى سبيل الإبقاء على حياة المجموعة.

لقد عاشت طويلاً الصورة الملحمية للرجل الصياد، هذا البطل الذى يلاحق إلى ما لا نهاية طريدته، واليوم يجب أن نضيف لها صورة المرأة الملتقطة (للنباتات والفواكه والأصداف). وتجاوز عالم الآثار الأمريكى Lewis Binford ذلك مؤكداً على وجود نشاطات فى الحجري القديم غير الصيد، مثل تقطيع جيف الحيوانات ونقلها وأكل بقايا الحيوانات الميتة التى قتلتها حيوانات مفترسة أخرى. وهناك أدلة على وجود نشاطات من هذا النوع وذلك فى طبيعة وتوزيع أدوات من الحجر فى بعض مواقع تقطيع الجيف. وفى طبيعة اختيار أجزاء تشريحية معينة من الحيوانات التى يتم أكلها. وإذا كان ذلك هو الحال، فيمكن أن تكون النساء قد شاركت فى هذه النشاطات، وأن تكون، كما الرجال، قادرة على تأمين الطعام.

ويمكن أيضا، وذلك عكس الأفكار المكتسبة، أن تكون النساء قد أصبحن متمكنات من التقنيات منذ زمن باكر، وأنهن صنعن الأدوات، وأن يكن قد مارسن نحت الصناعات الدقيقة من الشظايا التي كانت وافرة في كل عصور الحجرى القديم. وأن تكون النساء قد اخترعت الحبال قبل ٢٠٠٠٠ سنة وفن نسج الألياف النباتية، كما تشهد بذلك الزينة والألبسة التي تزين بعض التماثيل الصغيرة من الحجرى القديم: نذكر الشبكة التي تغطى شعر تمثال "السيدة ذات القبعة" من Brassempouy، أو إزار فينوس من Lespugue وأحزمة تماثيل فينوس العاجية من Kostienki فى روسيا...

لكن هل تعطينا هذه الفينوسات من الحجرى القديم صورة واقعية عن المرأة ما قبل التاريخ؟ وإذا كانت هذه هى الحال فيجب أن نصدق كما قال ساخرًا Leroi-Gourhan إن المرأة فى الحجرى القديم كانت ذات طبيعة بسيطة، عارية وذات شعر أجعد، وكانت تعيش جامعة يديها على صدرها، مشرفة بهدوء من رأسها الصغير على التهدل المريع لصدرها ووركها... لقد أثارت تماثيل الفينوس هذه عددًا كبيرًا من التفسيرات من جهة الأجناس البشرية، الفيزيولوجية، النسائية الدينية والرمزية. ويرتكز بعضها فى فن الحجرى القديم على غزارة الصور الجنسية والأشياء الواقعية (فروج نسائية أو قضيب ذكرى منتصب، مشاهد للجماع، أجساد نساء تم التأكيد فيها بشدة على الثديين والأرداف والأعضاء التناسلية)، ورأوا فى ذلك تعبيرًا لا لغط فيه للرغبات والممارسات الجنسية، أى بالمحصلة المكافئ الحجرى القديم لصورنا الإباحية الحالية.

لكن بعض الدراسات النسائية ناقشت الواقع الذى كان يُعتبر من المسلمات، وهو أنه من الممكن أن هذا الفن تم إنتاجه من قبل الرجال ومن أجل الرجال. وعند الأبورجين الأسترالى فإن الفن المقدس يحتفظ فيه فى بعض المناسبات للنساء فقط. وإذا قبلنا أن الفن فى الحجرى القديم كان يمكن أن يكون له وظيفة طقسية ودينية، فإن أشكاله وأشياءه قد تكون لها استعمالات ليست ذكرية بحتة إنما نسائية وللتعليم

الجنسى للمراهقات. ووجدت عالمة الأجناس من كاليفورنيا Marija Gimbutas في هذه الفينوسات من الحجري القديم صورة "الجدّة". وهو شكل من أشكال نشوء الكون ورمز عالمي للخصب، ونجده في الحجري الجديد وحتى عصر البرونز في كل أوروبا: وهناك مجتمعات قامت دياناتها على عبادة "الآلهة الكبيرة" وعرفت بشكل متواصل وحتى عصر حديث تقريباً أشكالاً من السلطة الأموية وأشكال للانتقال حسب سلسلة الأم، قبل أن تستبدل ببنى اجتماعية ذات سلطة ذكورية وديانات بطريكية. ويستعيد هذا البناء نظرية المجتمعات الأموية، ويدعم النظريات النسائية، لكن مع ذلك يبقى ضعيفاً، فالتاريخ اللاحق يرينا أن عبادة الأم يمكن أن تكون موجودة في ديانات ذات سيطرة ذكورية، وفي مجتمعات تضم عدداً من الذين يكرهون النساء.

ومهما يكن فإن صورة المرأة في الحجري القديم قد تغيرت. وإذا كان مازال شبه مستحيل أن نحدد بدقة في بقايا ما قبل التاريخ النادرة ما الذى يميز بين نشاطات هذا الجنس أو ذاك، فإن هذه النظريات الجديدة والعلوم الجديدة، المرتبطة مع تغيرات مجتمعاتنا، تعطينا صورة أكثر حياة وتلوناً، وربما أكثر شبهاً بالمرأة زمن الأصول.

### نتيجة

مثل كل العلوم التى تتناول الأصول، فإن ما قبل التاريخ موقع لا ينضب من الأسئلة والأحلام والتخيلات. ويمثل عالماً على الحدود بين العقلانية والخيال. حيث يمكن للشاعرية والخيال، الهزل والجنس أن تعبّر عن ذاتها. لكن الخيال فى هذا المجال لا يمكن اختزاله إلى مجرد توافق بين النظريات الثابتة، والنماذج القديمة أو الأماكن المشتركة. بل على العكس من ذلك فهو يخلق ويتجدد حسب الاكتشافات والأحداث، وأيضاً حسب العروض التى تنطبع فى الذاكرة فى لحظة وسياق خاصين.

إن علم ما قبل التاريخ هو علم متعدد الاختصاصات، يستتفر الجيولوجيا وعلوم الأحياء، علم الآثار وعلم الأجناس البشرية وتاريخ الفن... ويغتنى بتطورات كل هذه العلوم. لكنه قبل كل شيء اختصاص تاريخي، وإن كانت وثائقه أفقر بكثير من وثائق التاريخ: فهي ليست إلا آثار وبقايا مشظاة وصامته، والتي يجب أن نعطيها معنى، والتي تصبح ترجمتها مكاناً مفضلاً لإسقاط أطرنا الفكرية والثقافية.

لهذا يمكننا، وبدون مخاطرة، التنبؤ بأن بشرية ما قبل التاريخ في القرن ٢١ لن تشبه تلك في القرن ١٩ أو حتى القرن ٢٠. ليس فقط لأن اكتشافات، المحدثّة أو غير المتوقعة منها، ستظهر على الأرض أو في المخابر، لكن أيضاً لأن مجتمعاتنا ذاتها، ووعينا بها، ستتغير أيضاً. فإنسان ما قبل التاريخ له تاريخين: تاريخه الخاص والتاريخ الذي ترسمه تهيؤاتنا.



## هل تسيطر حركية الكرة الأرضية على تطور الأنواع<sup>(٧)</sup>

بقلم: فينسنت كورتيلو

Vincent COURTILLOT

ترجمة: د. سامر اللانقاني

منذ ٦٥ مليون سنة كانت الديناصورات تحتل كافة المساكن البيئية: الهواء، البحار، الأراضي. وكانت على أشكال متعددة، منها الصغيرة والضخمة، العاشبة واللاحمة. وكانت جميعها متكيفة بشكل رائع مع هذا العالم من العصر الجيولوجي الثاني. وفي أحد الأيام الجميلة، منذ قرابة ٦٥ مليون سنة، اختفت جميعها. والنظريات المقترحة من قبل الباحثين منذ مائة سنة لتفسير هذا الاختفاء عديدة جداً، ومن أكثرها شعبية النظرية التي ازدهرت منذ عام ١٩٨٠، والقائلة بأنه خلال لحظة على مقياس الأزمنة الجيولوجية، ارتطمت مجموعة كبيرة من المذنبات أو نيزك ضخم على سطح الأرض. وانبعث عن هذا الاصطدام ضمن الغلاف الجوي الأرضي كميات هائلة من الغبار والمعلقات التي قد تكون قد بدلت المناخ: ليل طويل، شتاء كوكبي، تبعتهما فترة من ظاهرة الدفيئة دامت لفترة أطول. وبسبب هذا الانتقال برد/حر اندثر عدد كبير من الأنواع ولم تقم له قائمة. كما أن هذا الارتطام قطع السلاسل الغذائية للأحياء، مما أدى إلى اختفاء عن سطح الأرض، ليس فقط كافة أنواع الديناصورات، وإنما أيضاً العديد من الأنواع الأخرى ذات الحجم الأصغر.

وكل ما أعاد علماء الإحاثة تركيبه عن الحياة السابقة على الأرض، يقوم

---

(٧) نص المحاضرة رقم ١٢ التي أقيمت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٢ يناير ٢٠٠٠.

على تحليل بقايا المستحاثات التي وجدت ضمن الصخور. ولنوع معين من الأحياء مثلاً، نادراً ما نجد أفراداً بقوا على حال جيدة. والتسجيل الذى بحوزتنا عن الحياة على الأرض عبر هذه المستحاثات هو تسجيل غير كامل، وكل نظرية سوف نبنيها اعتماداً على هذه المشاهدات، ستكون تابعة لدرجة اكتماله.

وسيطر على تفكير أصحاب النظرية التطورية والجيولوجيين فى القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين ما يمكن أن نسميه مبدأ التشابه: والذى تنص على أنه فى سياق الأزمنة الجيولوجية لم يسبق أن حدثت ظاهرة مختلفة بشكل جذرى عن ما يحدث اليوم أو غير مشابهة له، فالتحولات والتطورات التى نلاحظها فى الصخور مردّها فقط طول الأزمنة الجيولوجية الفائقة. فالمشابهين يرفضون أن نستند على أية كارثة لشرح مشاهدات الجيولوجيين. وهذا مع وجوب معرفة كيفية تعريف كلمة كارثة.

يخضع سطح الأرض، بسبب الماء والتآكل وتقلب المناخات وحركة الصفائح الأرضية، لعملية تجدد مستمر. وبالتالي فإن لآثار ارتطام النيازك والفوهات حظاً قليلاً جداً فى البقاء. أمّا القمر، بالمقابل، فقد سجل تاريخ بداية المجموعة الشمسية. فهو جرم خامل واستطاع أن يحافظ على وضعه مجمداً كما كان قبل ٣ - ٤ مليار سنة، حيث نشاهد عدداً كبيراً من الفوهات العملاقة. ليس هناك ما يمنع من الاعتقاد أن الأرض أيضاً لم تخضع خلال هذه الحقبة لاصطدامات بالأهمية ذاتها. فالسؤال هو فى معرفة التاريخ الذى حصلت فيه آخر هذه الارتطامات الكبيرة.

منذ عام ١٩٨٠، ونظرية اختفاء الديناصورات بسبب اصطدام نيزك بالأرض هى المسيطرة على الساحة. ومع ذلك تم وضع العديد من النظريات الأخرى، إحداها، وكنت قد شاركت بعض الزملاء فى وضعها، تقترح كارثة مناخية لكن من منشأ داخلى، حيث تجد منبعها فى النشاط البركانى الأرضى. هذا النشاط الذى كان بالطبع أشد وأعظم من كل ما سجلته سابقاً الذاكرة البشرية.

لنتخيل شرخاً كبيراً يقيس عدة مئات من الكيلومترات مع ينابيع هائلة من الحمم، مطلقاً في الغلاف الجوى الأغبرة والمعلقات والغازات (كلور هيدريّة، كربونيّة، كبريتيّة) قادرة على إحداث تغيير دائم فى المناخ. ونحن نعرف أنه منذ حوالى ١٥ سنة، منذ ثورة بركان الشيشون El-Chichon، ومؤخراً بركان بيناتوبو Pinatubo، أن الكبريت الذى يقذفه بركان فى الجو قد يكون مسئولاً عن تطور مناخى واضح وذات قيمة. فالحرارة الوسطية لنصف الكرة الشمالى قد انخفضت بشكل قابل للقياس خلال بضع سنوات بعد ثورة بركان بيناتوبو، وذلك ببضع أجزاء من الدرجات. ويعتبر هذا، على مستوى الحرارة الوسطية لنصف الكرة الأرضية، مقداراً لا يمكن إهماله. ومع ذلك، فإن الأنواع لم تنقرض جماعياً فى الخمسة عشرة سنة الأخيرة! وإذا كان لنظرية البراكين أن تفسر انقراض الأنواع، فهى حتماً قد تبدّت بمقاييس أخرى ما زالت بحاجة للبرهان عليها.

وفى حال الاستناد إلى فرضية اصطدام النيزك، الذى لا يدوم لأكثر من أجزاء الثانية، أو لثورة بركانية عارمة امتدت لعشرات أو لعدة مئات الألوف من السنين، فنحن لدينا هنا أحداث تعتبر قصيرة جداً مقارنة مع الأزمنة الجيولوجية المديدة، التى تقاس بملايين وبمئات الملايين، وحتى مليارات السنين.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن بعض العلماء قد صاغوا الفرضية القائلة بأن شيئاً ما عنيفاً لم يحدث وقت اختفاء الديناصورات؛ وإنما هى النوعية السيئة لتسجيل هذه الأحداث عن طريق الأحفورات التى أعطت هذا الانطباع بالعنف. فى الحقيقة تبدو الأمور وكأنها جرت بشكل هادئ ومنظم، على امتداد عشرات الملايين من السنين: لقد سجلنا منذ ٦٥ مليون سنة حركة واسعة من انحسار وعودة البحار موزعة على ١٥ مليون سنة، مما أدى إلى تغير واسع فى جغرافية العالم.

ومن أجل إنصاف كل هذه النظريات الموجودة، ظهرت مدرسة أخرى تعتقد أن الانقراض كان بالتأكد سريعاً، لكن الحركية الداخلية لعلاقات الأنواع فيما بينها هى التى تكون قد قادت إلى اختفاء هذه الأنواع بالجملة. فيمكن لعلاقات غير خطية



بين معايير جملة ديناميكية أن تؤدي، كما نعلم، إلى تطورات في غاية العنف: وهذه هي نظرية الفوضى الحتمية.

إلى جانب هذه العائلات الأربع في نظريات اختفاء الديناصورات، يوجد غيرها ما يقارب المئة، وقد تم عرضها منذ قرن مضى. فقد تم الإشارة أيضا أنه نظراً لتغير نظامها الغذائي فقد كانت الديناصورات تضع بيوضاً قشرتها هشة لدرجة أنها كانت تهرسها حين حضانتها...



### شكل (١)

تبارزات كلسية في شمال مدينة غوبيو في أمبريا في إيطاليا.

وتم تجديد مقاربة هذه المسألة من خلال معطيات تم تجميعها منذ حوالي ٢٠ سنة من قبل الجيولوجيين والجيوفيزيائيين والجيوكيميائيين واختصاصيين لأكثر من ٢٠ اختصاص وتحت اختصاصات مختلفة. ويبدو الشكل ١ تبارزات كلسية شمال مدينة غوبيو Gubbio في أمبريا Ombrie، في إيطاليا. إن التكلسات الظاهرة في الأسفل والأيمن، بلون رمادي مزرّق، كانت قد تموضعت في بيئة شبه استوائية على عمق بضع مئات من الأمتار، في بحر حار نسبياً. وعند فحص قطعة صغيرة منها تحت المجهر، نجد مستحاثات لحيوانات صغيرة ومتعددة هي المنخربات

foraminifères. هذه الحيوانات تميز عمر الطبقات التي كانت قد احتبست ضمنها، العصر الحواري، أي الحقبة الأخيرة من العصر الجيولوجي الثاني. في أسفل وأيمن الشكل، نحن في حوالي - ٦٦ مليون سنة. وبشكل منحرف في منتصف الصورة، توجد طبقة صغيرة بثخانة ٢ - ٣ سم، لونها بني غامق، مؤلفة من الغضار الداكن، تفصل الطبقات الكلسية الفاتحة اللون عن الطبقات الكلسية الزهرية اللون؛ وبشكل بادي للعيان فإن محتواها من أكسيد الحديد هو سبب التباين فيها. فهي كلسيات تدل تقريباً على الوسط ذاته من الترسبات. عندما نتفحص تحت المجهر شريحة رقيقة من هذه الصخرة، نلاحظ بأنها، خلال السنتمترات الأولى، لا تحتوى أبداً على أي من المستحاثات. فيتولد لدينا الانطباع وكأن العالم هنا قد خلى من الأحياء. ثم وبعد أن نصعد بضعة سنتمترات أخرى نحو الأعلى، نشاهد منخربات بمعظمها مختلفة عن باقي الأنواع التي كنا قد وجدناها في الأسفل: فهي أصغر، أقل نعومة، وأقل زخرفة، هذه الأنواع البحرية الأولية تعود في نشأتها إلى بداية العصر الثالثي، منذ -٦٥ مليون سنة: هنا نكون قد اجتزنا الحد الشهير ما بين العصر الجيولوجي الثاني والعصر الثالث، أي الحدود الحواريّة-الثالثية. ومنذ قرابة ٢٠ سنة تساءل العلماء ماذا يمكن أن يكون قد جرى؟ ما المدة، وما مقدار ذاكرة الأرض الذي يضمه هذا السنتمتر ونصف من الغضار الأسود؟ وهناك عدد من الباحثين الأميركيين والإيطاليين، وخاصة والتر ألفاريز Walter Alvarez، قاموا بأخذ عينات من هذا الغضار والكلس الموجود على جانبي الغضار، ثم حللوا تركيبها الكيميائي. المفاجأة كانت أن الغضار غني جداً بالإيريديوم، وهو معدن نادر جداً في قشرة الأرض، لكنه نسبياً موجود بوفرة في بعض أنواع النيازك: وقد يكون أحد تلك النيازك قد تبخر لحظة اصطدامه بالأرض وتناثرت مكوناته، متموضعة على سطح الكرة الأرضية مسببة في كل مكان هذا التركيز غير الطبيعي من الإيريديوم. نحن الآن في عام ١٩٨٠، ونظرية النيزك تلك قد ولدت.



شكل (٢)

كوارتز تعرض لاصطدام فى وادى فرنشمانى فالى Frenchman Valley  
(فى كندا). ميكروسكوب إلكترونى بإشارات  $\times 35000$  من التحليل  
الضوئى المستقطب.

وفى الأعوام اللاحقة، اندفع الباحثون على مقاطع الحدود الكريستالى-الثالثى حيثما كانت سطحية. والشكل ٢ يظهر شيئاً عثر عليه فى أحد هذه المقاطع، وهو حبة صغيرة من الكوارتز، قطرها حوالى ١ ملم، كما تُرى فى المجهر ذى الضوء المستقطب التحليلى. تجتاز هذه الحبة مجموعات من الخطوط السوداء الصغيرة، المتوازية فيما بينها، مشكلةً عائلتين لكل منها زوايا وصفية جداً. ويستطيع الاختصاصيون، بتوجيه هذه البلورة، أن يقولوا بدقة إلى أى سطح بلورى تعود هذه التشوهات. لأنه لا يمكن إنتاج هذه البنية إلا إذا مررنا عبر بلورة الكوارتز موجة اصطدامية خارقة. موجة الصدمة هذه تبعثر الشبكة البلورية، مخلفةً وراءها هذه التشوهات، وهذه الحدود بين المجالات البلورية المختلفة. يبدى كل من الصلصال الرملى على مقربة من نقطة ارتطام النيزك فى كانيون ديابلو فى Canon Diablo أريزونا، أو نماذج لصخور من مواقع التفجير النووى، البنى نفسها. وهذه حبة قوية جداً لصالح نظرية النيزك. وحبيبات الكوارتز المصدومة هذه موجودة فقط ضمن طبقة الغضار الغنى بالإيريديوم، وليس فوقها أو تحتها.

وأخيرًا، تم اكتشاف مكان ارتطام ضخخ لنيزك في يوكاتان Yucatan في المكسيك، وذلك باستخدام قياسات غير مباشرة تمت بتحريك مقياس للجاذبية على سطح الأرض. وفي بدايات سنوات السبعينيات، اكتشف منقبون عن البترول، في قعر الحفريات المنفذة في هذه المنطقة، صخورًا من الممكن أن تكون بقايا للقشرة الذائبة نتيجة الحرارة المنبعثة في لحظة الاصطدام. عمر هذه النماذج ٦٥ مليون سنة تمامًا، مما يتوافق مع عمر حدود الحواري-الثالثي. وتبدو فوهة شيكسولوب Chicxulub وكأنها تعود إلى نقطة ارتطام نيزك ألفاريز.

فالإيريديوم، والكوارتز المصدوم، وآثار الاصطدام في المكسيك، والفوهة الكبيرة، كل ذلك كان يتماشى مع نيزك يبلغ قطره قرابة ١٠ كم. إن السيناريو لصالح اصطدام الكويكب والذي طور بين ١٩٨٠ و ١٩٩٠ يجب أن يلقي قبولاً الآن.

وفي بداية الثمانينيات وجدت نفسى مع فريقى نجمع الحصى في مكان ما بين التيب والهند. وكنا نقيس انجراف القارات. وقررنا عندها دراسة تشكل بركانى ضخخ، بالقرب من بومباي. يدعى هذا الشكل الجيولوجى "بوابات ديكان": ٢٠٠٠ متر من السماكة من الحمم السطحية منتشرة على مساحة ٥٠٠٠٠٠ ألف كيلومتر مربع. وهذا يعنى أننا أمام شىء مؤلف من حوالى أكثر من مليون كيلومتر مكعب من الحمم المتراكمة، طبقة فوق طبقة، حيث يقيس بعضها مئة متر من السماكة. لم نشاهد أبدًا في ذاكرة البشر اندفاعًا في هذا الحجم. وكان عملنا هو محاولة توصيف هذه الصخور، وتأريخها مستعملين تقنيات مختلفة.

لقد نقلنا إلى المختبر عينات من بازلت ديكان Deccan، وقمنا بقياس درجة المغنطة. إن معظم الصخور الطبيعية تضم كميات قليلة من أكاسيد الحديد المغناطيسية، غالبًا من المغنطيط magnétite أو الشاذنج (حجر الدم) hématite. ونحن قادرون على قياس اتجاه هذا التمغنط، في اللحظة التى تسمّر فيها عندما تشكلت الصخرة. وبهذه الطريقة نحصل على صورة فوتوغرافية عن اتجاه الحقل

المغناطيسى الأرضى القديم. أى أن الصخور الطبيعية تتصرف، بشكل عام، وكأنها بوصلات احتفظت فى ذاكرتها باتجاه الحقل المغناطيسى الأرضى، على المستوى الأفقى والمستوى العمودى فى الوقت ذاته، وذلك أحياناً منذ مئات ملايين السنين.

ولقد استعملنا أيضاً تقنيات للتأريخ تعتمد على التناقص الطبيعى للنظائر المشعة، وأكثرها شهرة هى طريقة الكربون ١٤. ويوجد أيضاً أزواج أخرى من الذرات يمكن استعمالها، البوتاسيوم والأرغون، الربيديوم والسترنسيوم، الأورانيوم، التورיום والرصاص. وبالتالي يسمح علم الجغرافيا الزمنية بوضع تأريخ للصخور منذ زمن موغل فى القدم، حتى بدايات المجموعة الشمسية، شرط أن تحتوى كمية كافية من هذه النظائر. وباستعمال إحدى هذه الطرق، وهى طريقة نظائر الأرغون ٣٩ و ٤٠، استطعنا أن نظهر بأنه، من أسفل إلى أعلى الجرف، تموضعت الحمم الهندية خلال فترة زمنية قصيرة، وذلك قبل ٦٥ إلى ٦٦ مليون سنة. ونحن نستطيع أن نقول، بفضل المغنطة، إن هذه الفترة لم تتجاوز من دون شك نصف مليون سنة.

ولا تسمح، أى من هذه التقنيات التى أتيت على ذكرها لوحدها، أن تقدم جواباً لمسألتنا. فالمغنطة تقول: "قصير جداً". وطريقة أرغون - أرغون تقول: "حوالى ٦٥ مليون سنة"، لكن حتى مع هاتين المعلومتين تبقى سيناريوهات عديدة مطروحة. لكن لحسن الحظ وجدنا، وعلى شكل "شطيرة" بين سيلين من الحمم، رؤسبات متجمعة فى بحيرة لا بد أنها تشكلت خلال فترة هدوء بين الثورات البركانية. وفى هذه الرؤسبات، وجدنا بقايا صغيرة لمستحاثات تشهد على الفترة الأخيرة من الحقبة الثانوية. وإذا أخذنا محصلة نتائج الجغرافيا الزمنية، المغناطيسية القديمة، وعلم المستحاثات، فإننا نجد أن سيناريو واحداً فقط ممكن: إن اندفاعات الديكان العملاقة تعود إلى الحد الفاصل الشهير بين الحقبين الثانوية والثالثية.

والمنحنى فى الشكل ٣ يظهر التطور عبر الزمن، لعدد من الأنواع البحرية المستحاثية التى تم اكتشافها. ونرى فيها آخر انقراض كبير وشهير الذى حصل قبل ٦٥ مليون سنة، والذي يُعلم هذا الحد الفاصل بين الحقبة الثانوية (ميزوزويك)

والحقبة الثالثة (سينوزويك). إن عدد الأنواع، وتنوع الحياة على الأرض، قد ازداد كثيرًا خلال الأزمنة الجيولوجية، لكن ليس بطريقة متساوية. ففي الحقبة الأولية (باليزوويك)، وبعد بداية صاعقة ("الانفجار الكمبري")، استقر التنوع على قيمة ثابتة نسبيًا، خلال مئات الملايين من السنين. ثم، قبل حوالي ٢٥٠ مليون سنة، حصل انقراض جماعي للأنواع. ثم عادت الحياة، وبعد أن مرت ببعض الانحسارات، عادت أخيرًا من جديد. وآخر حادث كبير، هو الحد الشهير بين الحواري - الثالثي.

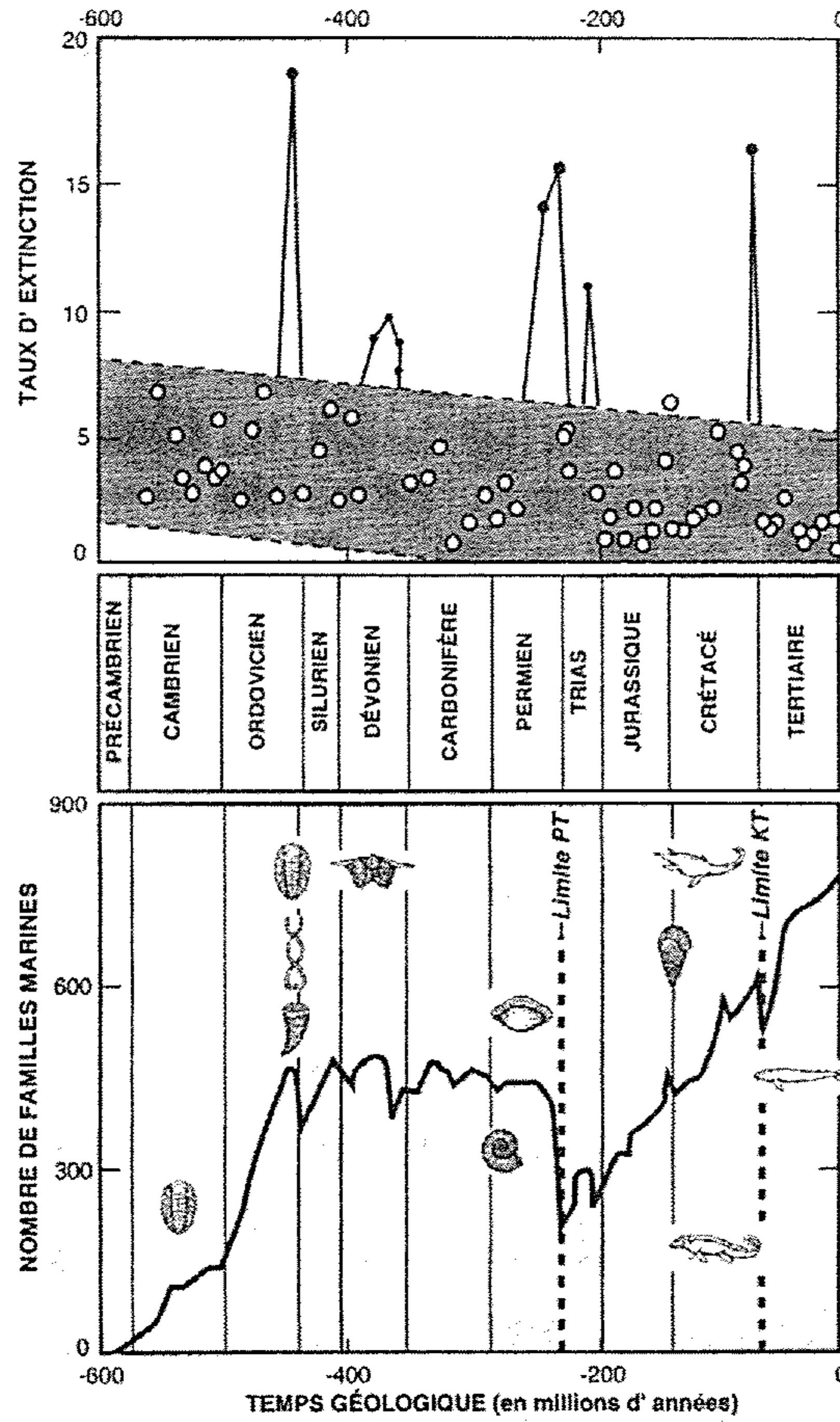
وعند كارثة ممثلة، فليست فقط هناك أنواع تختفي كليًا، أي أن كل أفراد هذه الأنواع تموت، لكن حتى الأنواع التي تبقى على قيد الحياة يمكن أن تفقد أفرادًا عديدين. وعند الحد الفاصل بين الحقتين الأولية والثانوية، قبل ٢٥٠ مليون سنة، فإنه على الأقل ٩٩% من كل الأفراد ومن كل الأنواع التي كانت تعيش على الأرض، قد اختفت. وهذا بالكاد قابل للتصور، سواء أكان ذلك بمفاهيم اختفاء كتلة حيوية أو بمفاهيم كارثة كوكبية.

هل نجد بالنسبة للكوارث الأخرى، و بشكل خاص، هذه الكارثة الكبيرة قبل ٢٥٠ مليون سنة، السيناريوهات نفسها كالتى حدثت خلال أزمة الكريتاسي-الثالثي؟ هل نجد آثار ارتطام نيازك، براكين، أو تراجع بحرية كبيرة؟

فى كل أرجاء العالم، اهتمت فرق علمية عديدة، ليس فقط بالدراسة التفصيلية لمرحلة اختفاء الديناصورات، لكن أيضا بجميع الانقراضات الأخرى. وفى الوقت ذاته اهتم علماء الفيزياء الجيولوجية بالبحث عن أماكن أخرى غير الهند، يمكن أن نلاحظ فيها مثل هذه الانصبابات البركانية غير المألوفة.

ويوجد فى الواقع حوالى عشرة من هذه "القوالب" البركانية الكبيرة التى يقيس حجمها على الأقل مليون كيلومتر مكعب، موزعة على كامل سطح الأرض. وفى كل قالب منها، انصرف الباحثون إلى إجراء التحليلات ذاتها التى قمنا بها فى الهند؛ والنتيجة كانت أن معظم التشكلات البركانية تتطابق مع معظم الانقراضات الكبيرة. وبالأخص الكارثة الكبيرة التى حصلت قبل ٢٥٠ مليون سنة، فى نهاية الحقبة الأولية،

وتوافق تشكّل بركاني عظيم، هو بوابات سيبيريا المعروف جيّدًا من قبل الجيولوجيين والاقتصاديين، نظرًا لاحتوائه على ثروات معدنية مهمة جدًا، مرتبطة من جهة أخرى بالنشاطات البركانية. وفي السؤال الذي طرحته بدايةً كعنوان لمساهمتي هذه، "هل تسيطر حركة الكرة الأرضية على تطور الأنواع؟" حاولت بشكل خاص أن أجيب بالحديث عن تعبير البركانية على سطح الأرض. إن عمل الجيولوجي والجيوفيزيائي، هو محاولة فهم أصل هذه الأشياء الهائلة التي هي البوابات الكبيرة.



الشكل (٣)

منحنى التطور خلال الزمن لعدد الأنواع البحرية المستحاثية.



ما الذى حدث داخل الأرض وتحت قشرتها، فى المعطف الأرضى، والذى قاد لمثل هذه الأحداث؟ إن آخر مرة حصلت فيها مثل هذه الكوارث على سطح الأرض كانت قبل ٣٠ مليون سنة. والبركانية الموافقة تشكل الآن الهضبة العليا الإثيوبية. هذه الهضبة البركانية تم بناء أديس أبابا عليها على ارتفاع ٢٠٠٠ متر عن سطح البحر، (ونجد جزءاً منفصلاً عنها فى جنوب الجزيرة العربية فى اليمن)، هذه الهضبة هى بركان ضخمة، تشكل قبل ٣٠ مليون سنة، ليس أثناء انقراض كبير للأنواع، لكن عند إحدى الأزمات المناخية الأساسية للحقبة الثالثة. وهذا يتطابق، بشكل خاص، مع الظهور الحقيقى للانجمادات فى القطب الجنوبى. ويبدو أن هناك علاقة بين بركانية بوابات إثيوبيا، ونشوء هذا النظام البارد، الجليدى بالخاصة، الذى مازلنا فيه حتى الآن (مع أن هذا الوقت من تاريخنا هو مرحلة مريحة ما بين عصرين جليديين، أكثر مما هو مرحلة جليدية بكل معنى الكلمة).

وبعد فترة وجيزة من تشكل بوابات إثيوبيا، اخترقها شرخ كبير. وبالتالى هناك علاقة ملحوظة بين وصول هذه الفقاعات من الحمم السائلة إلى السطح، واللحظات الكبيرة التى تمزقت فيها القارات على سطح الكوكب، والتى انفتحت فيها الأحواض المحيطية. وهكذا، فإن ولادة الأحواض الثلاثة الكبيرة (شمال، وسط، جنوب) للمحيط الأطلسى تتوافق مع ظهور ثلاث نقاط حارة وتلازمها مع نشوء ثلاث بوابات كبيرة (غرونلاند الشمالية فى الجزر الأنغلوايرلندية، السواحل فى شرق أميركا والمغرب، حوض بارانا Parana فى أميركا الجنوبية وحوض إيتندىكا Etendeka فى إفريقيا).

وبصفتى جيوفيزيائى، أطبق طرق الفيزياء لدراسة الأرض، محاولاً فهم حركيتها الداخلية. وأرغب بالتالى اصطحابكم برحلة صعبة التخيل: لأن إنتاج صور واقعية عن باطن الأرض، حيث تسود حرارات مرتفعة، وكثافات شديدة، والظلام الدامس، ليس بالشىء السهل. ومن جهة أخرى، فإن الأفلام التى حاولت أن تتناول رحلة إلى باطن الأرض، كانت معظم الوقت مخيبة للآمال. ومع ذلك



سنقوم برحلة بواسطة الفكر، لنغوص حتى عمق ٦٤٠٠ كيلومتر تحت سطح الأرض، أى حتى مركز الكرة الأرضية.

إن الحقل المغناطيسى يوجه إبرة البوصلة على سطح الأرض. وهناك كتلة صغيرة تمنع رأس الإبرة من الانحراف نحو الأسفل: فالحقل المغناطيسى الأرضى لا يكتفى بتوجيه الإبرة نحو الشمال، لكن يجعلها أيضا تتخفض، فى باريس مثلاً بـ ٦٤ درجة تحت الأفقية. وهناك علاقة رياضية بسيطة بين هبوط الحقل المغناطيسى وخط العرض الموجودين عليه. وهذه الخاصة هى التى تسمح بقياس انجراف القارات. عندما يكون الحقل الأحفورى فى صخرة مصدرها من الهند وصفيًا لما يحدث فى خط عرض ٣٠ جنوبًا، بينما هذه الصخرة الآن موجودة على خط عرض ٣٠ إلى الشمال، أستنتج أن تحت-القارة قد قطع ٦٠ درجة من خطوط العرض، وهذا يعنى حوالى ٧٠٠٠ كيلومتر من الانجراف من الجنوب نحو الشمال. وهذه هى الطريقة التى نستعمل فيها المغنطة الأحفورية فى الصخور.

وفى وسط المحيطات يرد وبشكل دائم، عبر الشقوق التى ندعوها الظهريات، حممٌ تتبرد وتثبت هى أيضا اتجاه الحقل المغناطيسى الأرضى. وإذا حركنا فى عمق المحيطات، جهاز لقياس الحقل المغناطيسى، فسيُظهر تناوبات مغناطيسية فى اتجاه وآخر، تشهد على أن الحقل المغناطيسى للأرض لم يكن دومًا باتجاه الشمال. لقد انعكس الحقل المغناطيسى للأرض مئات المرات خلال تاريخها. وآخر مرة كانت قبل ٧٨٠٠٠٠ سنة. وضعفت شدة الحقل المغناطيسى فى أوروبا، منذ عصر الرومان، بمعامل ٢. ويتساعل البعض إذا كان الحقل المغناطيسى للأرض لن ينعكس بعد ٢٠٠٠ سنة. لكنه هو الذى يحمينا من الإشعاعات الكونية. هل تنقرض الأنواع عندما ينعكس الحقل؟

هذه الانقلابات المتتالية مرسومة على قاع المحيط، وبالإمكان تأريخها. واليوم ينعكس الحقل بشكل شائع، بمعدل بضع انعكاسات لكل مليون سنة. لكن الحقل لم ينعكس حوالى ٣٠ مليون سنة خلال الحقبة الحوارية (الكريتاسية).

إن اختلاف تواتر هذه الانقلابات غير منتظم، وهناك فترات طويلة تمر دون انقلاب تتناوب مع فترات أخرى أقل استقراراً. يبدو أن هذا التناوب يتكرر كل ٢٠٠ مليون سنة. وآخر حقبة "ثابتة"، استمرت من -١٢٠ إلى -٨٠ مليون سنة؛ والسابقة من -٣٢٠ إلى -٢٦٠ مليون سنة. ومن المدهش أن نرى، أن بوابتين كبيرتين (الهند وسيبيريا)، واثنين من أكبر الانقراضات للأنواع التي حصلت، تلت مباشرة مراحل الهدوء المغناطيسي الكبير هذه. هل تُشارك نواة الأرض في إطلاق هذه الكوارث الضخمة التي تعود إلى هذه الانقراضات الكتلية؟.

إن نواة الأرض من الحديد السائل، والتي تصنع الحقل المغناطيسي، لها حركيتها الخاصة؛ فهل هي مقترنة بطريقة معينة، عبر المعطف، مع سطح الأرض؟ وكيف لمثل هذا الاقتران أن يكون ممكناً؟

إن علماء الزلازل، الذين يسجلون بشكل مستمر الهزات على سطح الأرض والذين يستعملون موجات هذه الهزات الأرضية من أجل سبر باطن الأرض كما لو أنهم يستخدمون الأشعة السينية، قادرين على إنجاز تصوير طبقي للمعطف. وهذا المعطف ليس كما كنا نظن متجانساً، لكنه مشكل من كتل كبيرة غير واضحة المعالم، أثقل وأبرد، هي غالباً قطع من الصفائح من صخور القشرة الأرضية، تم إعادة حقنها إلى داخل الأرض. وكان معلوماً منذ زمن طويل، أن هذه الصفائح تستطيع أن تهبط حتى عمق ٧٠٠ كيلومتر؛ وتبين أنها قادرة في الواقع أن تغوص حتى قاعدة المعطف، أن تتكدس على شكل مقابر حقيقية: مقابر من الصفائح المحيطية على عمق ٢٩٠٠ كيلومتر تحت أقدامنا. وهذه الكتلة الهائلة الباردة والثقيلة تأتي وتتموضع على سطح النواة، التي يتشكل فيها الحقل المغناطيسي.

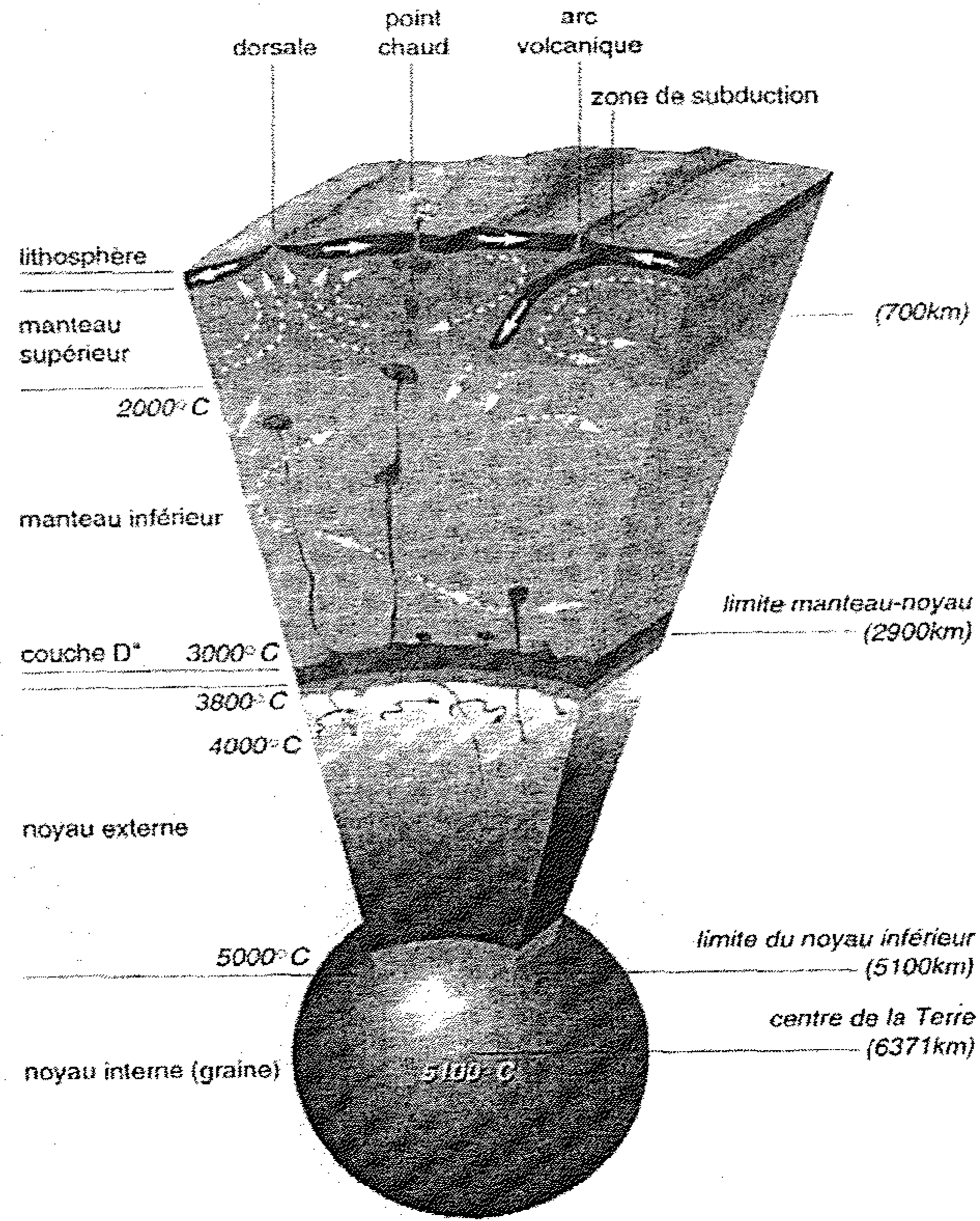
الأرض شيء آخذ في التبرد؛ والطريقة العادية في التبرد، هي الحمل الحراري لمجمل المعطف، المترافق بانجراف القارات: تشكّل القشرة، الدفع الحراري، الهزات الأرضية، الاندفاعات البركانية ما هي إلا التعبير عن هذا التبرّد. ظاهرياً، لا يفلح هذا النظام هكذا بالتخلص من الحرارة بطريقة فعالة بما

فيه الكفاية. لذا من حين لآخر تقود طريقة أخرى من الحمل الحرارى للمادة إلى تشكّل عدم استقرار هائل سيحمل معه بسرعة جزءاً مهماً من المادة، ومعها كمية كبيرة من الحرارة، حتى السطح.

إن النواة تحاول التخلص من حرارتها وهناك عازل يمنعها من ذلك. إن المكونات المتباينة للمعطف السفلى ترتفع عندها حرارتها، فيخف وزنها، وتصبح من حين لآخر غير مستقرة، وتصعد إلى السطح. ولسوء الحظ فإن علم الزلازل لا يسمح لنا بعد برؤية حالات عدم الاستقرار هذه. الشكل ٤ يمثل مقطعاً لداخل الكرة الأرضية. نشاهد عند قاعدة المعطف اختلال التوازن المشكّل من مواد خفيفة التى يمكن أن تصل إلى السطح مطلقةً اندفاعات البوابات ومسببةً تلك الانقراضات الشهيرة. وبالتالي تشكّل كل المنظومة "الأرض" مجموعة كبيرة مقترنة، وتكون مؤلفة من المعطف، هبوط الصفيحات الباردة، صعود عدم التوازن الحار، بركانية كارثية وتطور الأنواع البيولوجية.

وإذا كنا عاجزين عن رؤية باطن الأرض، فنحن قادرون اليوم، على تجسيمه إما رقمياً بواسطة الحواسيب، أو عن طريق تجارب تماثلية فى المختبر. فنقوم بخلط سوائل تسمح بتقليد، على شكل مصغر، ماذا يحصل فى باطن الأرض. فنلاحظ فى ظروف معينة، أن سائلاً خفيفاً وبالتالي غير مستقر، عندما يوضع أسفل سائل كثيف يولد حالات من عدم الاستقرار على شكل فطر مع رأس ضخّم وساق طويلة ونحيلة (الشكل ٤). وإذا تخيلنا أن صفيحة، الهند مثلاً، تطفو على منطقة من عدم الاستقرار مثل هذه، فإن الفقاعة عندما ستصل إلى السطح ستشكّل بوابة. لكن عندما ستفرغ الفقاعة فإن الصفيحة التى انجرفت ستجد نفسها فوق ساق هذا الفطر، الذى سيستمر بثقب سطحها كالحملاج (chaloneau) لكن بشدة وحجم أضعف بكثير. وهذا ما نلاحظه فى المحيط الهندى (شكل ٥): الهند، "بوابات ديكان" بالأسود، والتى عمرها ٦٥ مليون سنة، ثم باللون الرمادى أرخبيلات الجزر التى أحياناً تظهر، وأحياناً أخرى تقبع تحت الماء، جزر شاغوس Chagos، لاكاديف Laccadives، المالديف Maldives. وعندما ننقل من الشمال نحو

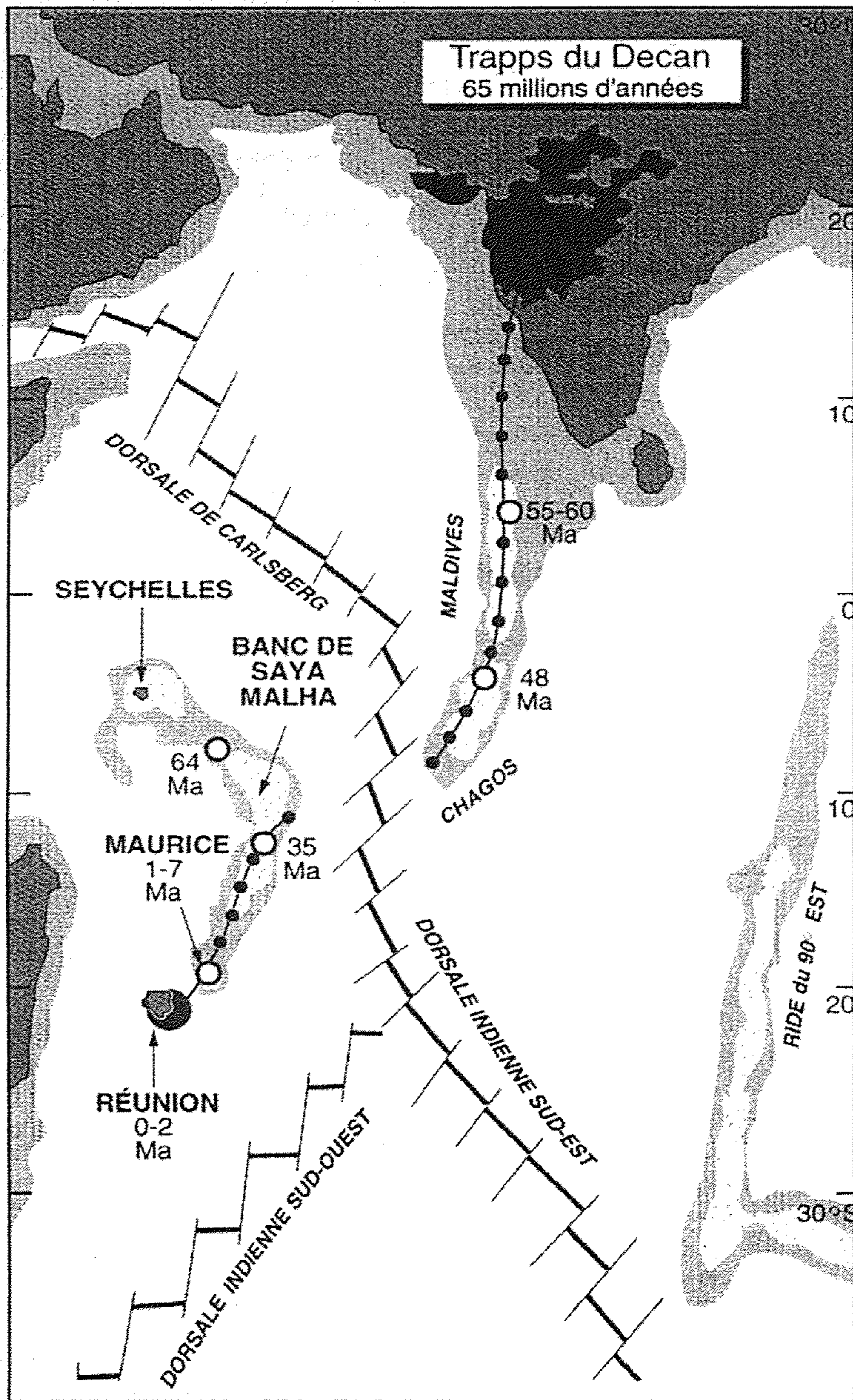
الجنوب فإن تاريخ هذه الجزر يعود إلى ٦٠ مليون ثم ٥٥ مليون ثم ٤٨، ٣٥، ٧، مليون سنة في جزيرة موريس Maurice؛ أما جزيرة رينيون Réunion، فقد تشكلت منذ ٢ مليون سنة. هذه الأرخبيالات تشكل بكل بساطة أثر الحرق الذي تركه ذنب الفقاعة التي بانطلاقها خلقت "بوابات ديكان". فنحن نجد إذاً على سطح الأرض، قصة صعود أتى على الأرجح من عمق يقارب ٣٠٠٠ كيلومتر من داخل المعطف. لقد انطلقنا من مشاهدات على أرض الواقع لتركيبة نموذج، ثم استفدنا من هذا النموذج للحصول على تنبؤات أثبتتها العودة إلى المراقبة.



الشكل (٤)

مقطع ترسمي لباطن الأرض.

بماذا يمكن لمعرفة الماضي أن تخدم فى فهم أفضل للمستقبلات الممكنة؟ يتعلم الجيولوجيون الشباب غالبًا كيف يستعملون الحاضر لفهم الماضي، ويستعمل هذا المنهاج منذ أكثر من ١٥٠ سنة. ولكننا خلال تاريخ البشرية، لم نصنف كل احتمالات تاريخ الأرض، بكافة أشكالها وبكافة سعتها. إن نوعنا البشرى لم يكن موجودًا منذ فترة طويلة، حتى نكون متأكدين من أننا صنفنا (أو تعرضنا) لكافة الظواهر الطبيعية فى أقصى شداتها. وعند آخر اندفاع كبير لبوابة، منذ ٣٠ مليون سنة، لم يكن الجنس البشرى موجودًا بعد. ومنذ ٣٠ مليون سنة، لم تعرف الأرض حدثًا بالسعة ذاتها. ونحن لا نعرف متى ستحدث الثورة القادمة، بعد بضع ملايين أو بضع عشرات الملايين من السنين، وإن كان ذلك شبه أكيد. ونقول من جهة ثانية، إن الجنس البشرى يقوم بالتحضير للكارثة البيئية القادمة، أو ربما أن الانقراض السادس الكبير قد بدأ، أو (وهذا ليس فقط اعتبارًا من قرن الصناعة، لكن منذ آخر حقبة جليدية) أن البشر، وهم يصيدون الثدييات الكبيرة، قد قضوا عليها، وأنهم اليوم يقضون على أنواع عديدة حتى قبل أن تتاح لنا الفرصة للتعرف عليها، وأنهم يستغلون أسرع من اللازم الغابة الاستوائية... كيف يمكن وضع نموذج لمستقبل كوكبنا بمواجهة هذه "الاعتداءات"؟ يقدم الجيولوجيون السيناريوهات الماضية للكوارث التى أثناءها استطاعت الطبيعة أن تولد أحداثًا ربما، كانت بالسعة نفسها لما يحاول الإنسان أن يجعل كوكبه يعانیه. ويقدمون أيضا لعلماء المناخ وسائل اختبار نماذجهم، التى بالطبع ليست دقيقة مطلقًا، مستثنين على طريقة التنبؤ الرجعى بالنسبة لحالات جرت فعليا، وعلى بضع لحظات تم خلالها إعادة توجيه تطور الحياة على الأرض بشكل كامل ونهائى عبر الانتفاضات الكبيرة للنظم الداخلية للكوكب.



شكل (٥) بوابات ديكان



## المناخات والمشاهد الطبيعية في عصر ما قبل التاريخ<sup>(٨)</sup>

بقلم: سيلفى جوسوم

Sylvie JOUSSAUME

ترجمة: د. سامر اللاذقاني

شهد المناخ تغيرات كبيرة خلال المليون سنة الأخيرة، وغدونا ندرك أكثر خصائصه وآلياته بفضل التطور الحديث لأبحاث علم مناخ العهد الجيولوجي القديم، وقد وسمت هذه التغيرات تاريخ الإنسان وربما لعبت دوراً مهماً في تطوره.

### مناخ متميز بتعاقب العصور الجليدية

غلب على جزء كبير من عصر ما قبل التاريخ تعاقب العهود الجليدية التي شكلت مشاهد اليوم، مخلفة وراءها آثاراً جيولوجية تشهد على وجودها. إذ نلاحظ على امتداد المساحات الشاسعة في كندا والبلاد الاسكندنافية أخاديداً محفورة على الصخر يدل اتجاهها على خط جريان الركاب الجليدي (المجلدات) الذي كان يغطي هذه المناطق. وقد حفر ضغط هذه الكتلة الجليدية على الأرض وكذلك الحجارة التي جرفت معها هذه الأخاديد على الصخر، وكان الضغط من القوة بحيث جعل الوديان الجليدية القديمة على شكل حوض. كما جرفت كتلاً ضخمة من الحجارة لمسافة مئات الكيلومترات من مكانها الأصلي وتركبتها في مكانها عند ذوبان الجليد، ودلت هذه الصخور الضخمة على وجود العصور الجليدية.

في عام ١٨٣٧ نشر السويسري لويس آغاسيز Louis Agassiz فرضية انتقال هذه الكتل بواسطة الجليد فأطاح بالفكرة السائدة بأن هذه الحجارة كانت

---

(٨) نص المحاضرة رقم ١٣ التي أُلقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٣ يناير ٢٠٠٠.

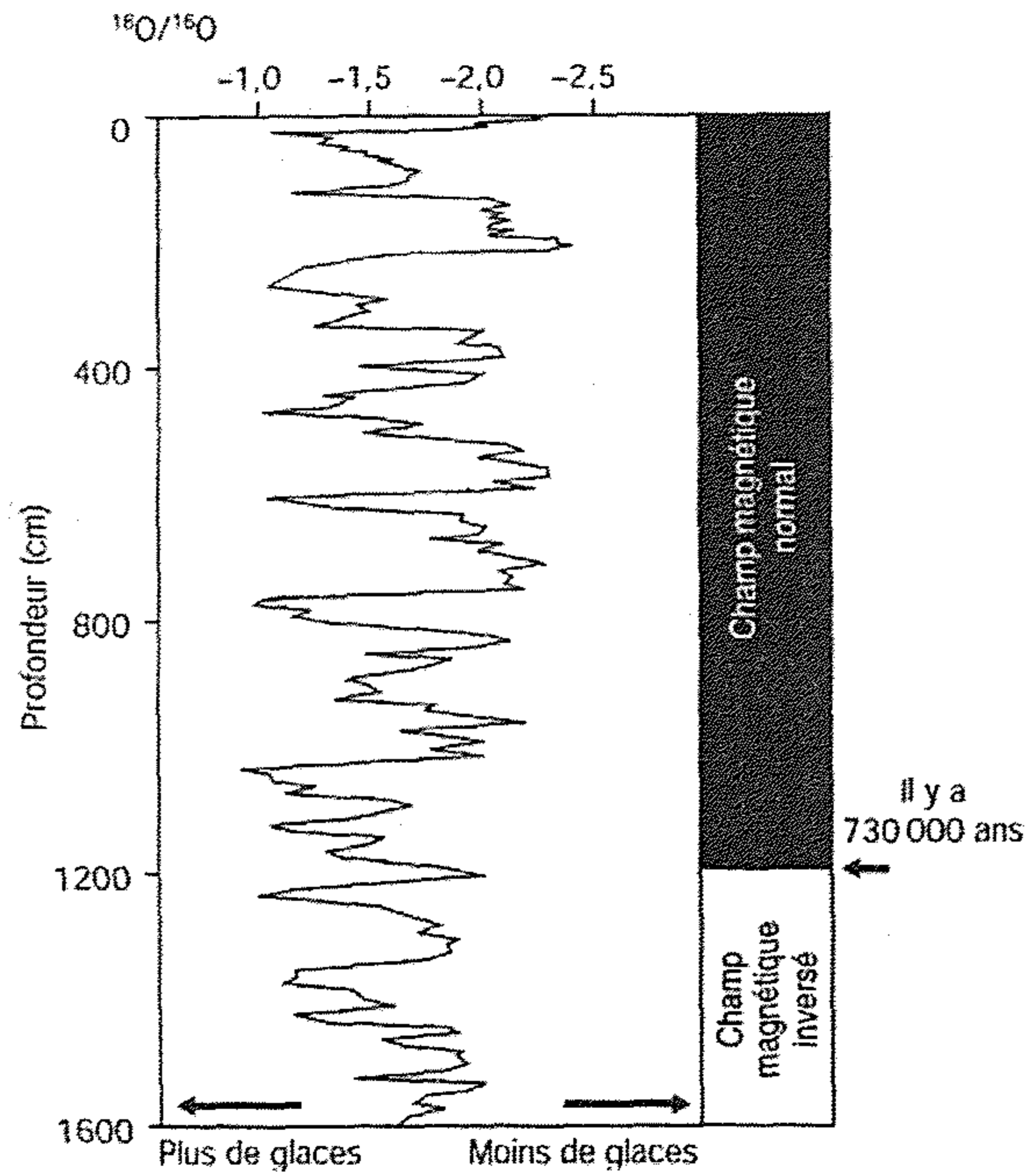
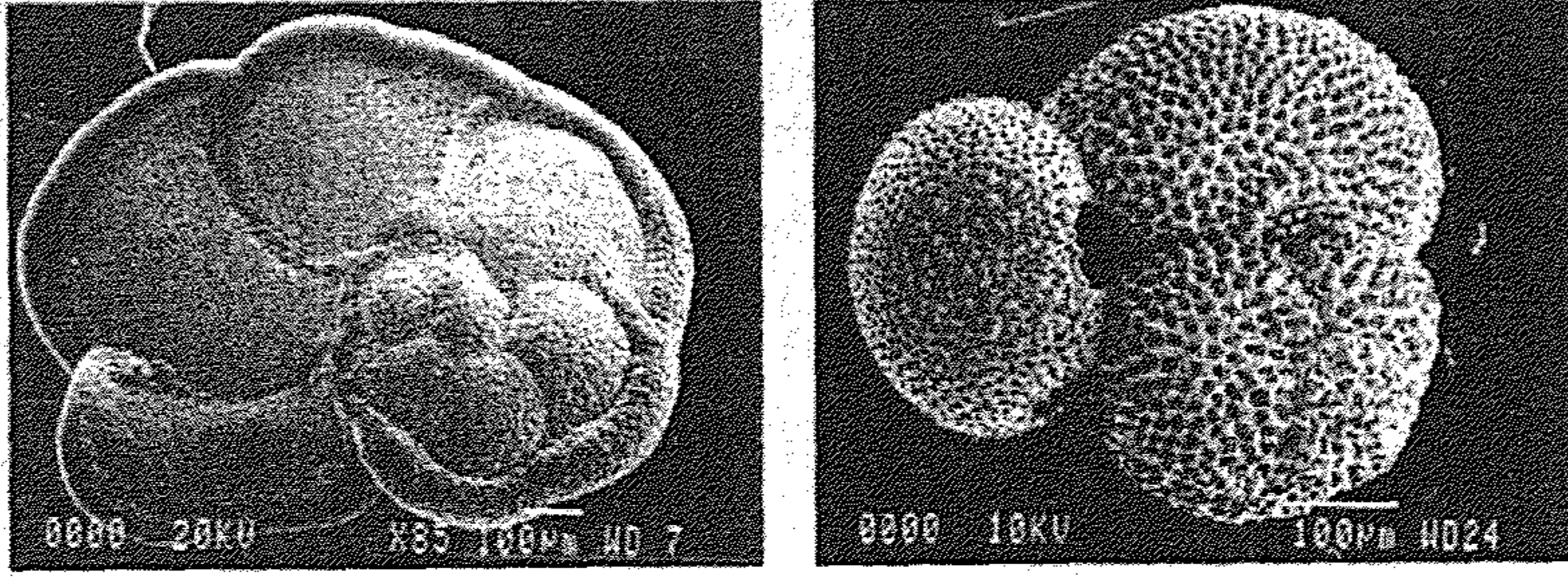


شاهدة على "الطوفان" الذي وصفته التوراة، وكلفه ذلك ٢٥ عامًا من الجدل قبل أن تحظى نظريته بالإجماع.

وحتى منتصف هذا القرن، حدد علماء الجيولوجيا أربعة عصور جليدية. غير أن كل عصر جليدى جديد تسبب فى جرف ركام ثلجى أزال أغلب المؤشرات الجيولوجية للعصر الجليدى الذى سبقه. ويجب انتظار منتصف القرن العشرين للتقدم فى معارفنا عن العصور الجليدية، وذلك بفضل دراسة تركيب الرواسب المتموضعة فى أعماق المحيطات.

مع مرور الزمن، ترسبت البقايا المعلقة بمياه المحيطات فى الأعماق البحرية وشكلت طبقات متعاقبة من الرسوبيات. وتم العثور فيها على العديد من هياكل لأحياء مجهرية بحرية (الشكل ١). وبالتقيب فى المحيطات على عمق بضعة عشرات من الأمتار تم أخذ عينات من طبقات الرسوبيات هذه حيث ظهرت هياكل كائنات حية كانت قد عاشت منذ آلاف بل ملايين السنين. وكلما ازدادت هذه المستحاثات عمقاً فى الترسبات، كلما كانت أقدم ودلت بالتالى على عصر مناخى أبعد. وتعتبر المركبات الكربونية التى تشكل هيكلها مفتاح معرفتنا بالعصور الجليدية، وبشكل خاص بسبب احتوائها على نظائر الأكسجين، الذى يتيح تحليلها تقدير التغيرات فى حجم القرب الجليدية.

والحقيقة أنه توجد فى الطبيعة عدة أنواع من ذرات الأكسجين، تدعى نظائر الأكسجين. ويعتبر الأكسجين ذو الكتلة الذرية ١٦ الأكثر شيوعاً، إلا أن الذرات ذات الكتلة الذرية ١٨ موجودة أيضاً، وهى نظير ثابت من الأكسجين حيث تضم نواته ٢ نوترون إضافيين. غير أن نسبة ذرات الأكسجين ١٨ إلى ذرات الأكسجين ١٦ التى يحتوئها كلس القوقعة المستحاثية تتغير تبعاً للطبقة الرسوبية. ويستخدم علماء المناخ الجيولوجى القديم هذه التغيرات فى العلاقة بين نظائر الأكسجين ١٨/١٦ كواسم للعصور الجليدية. وعندما يتراكم الجليد على القارات فهو يخزن الماء ضعيف الكثافة بالأكسجين ١٨ بسبب التقطير الذى يتعرض له الماء أثناء دورته فى الجو. وبالمقابل، يكون المحيط مشبعاً بالنظائر الثقيلة. مما يؤدى إلى زيادة نسبة نظائر الأكسجين الثقيلة فى الهياكل الكلسية للكائنات الحية المجهرية التى عاشت فى تلك العصور. وعلى النقيض من ذلك تتناقص هذه النسبة عند ذوبان الجليد.



### شكل (١)

تميز المناخ في المليون سنة الأخيرة بتتابع من التجلّادات كما تشهد بذلك المستحاثات الكلسية التي تم العثور عليها في قاع الترسبات (في الأعلى) والتي تركيبها النظائري يرسم تاريخ التغيرات في حجم الجليد المتراكم على القارات (الأسفل).

الشكل مأخوذ من المناخ من الأمس إلى اليوم - سيلفي جوسوم.

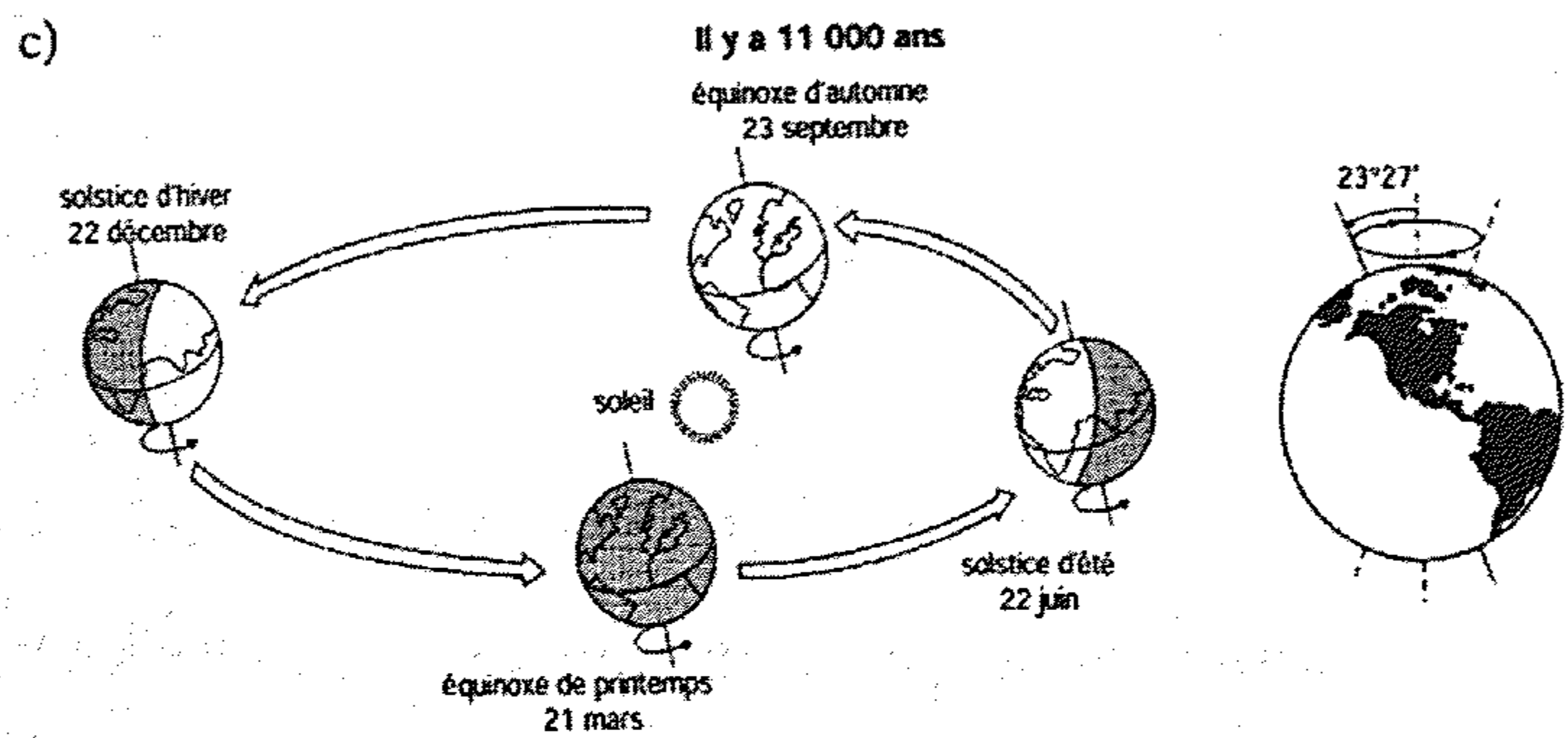
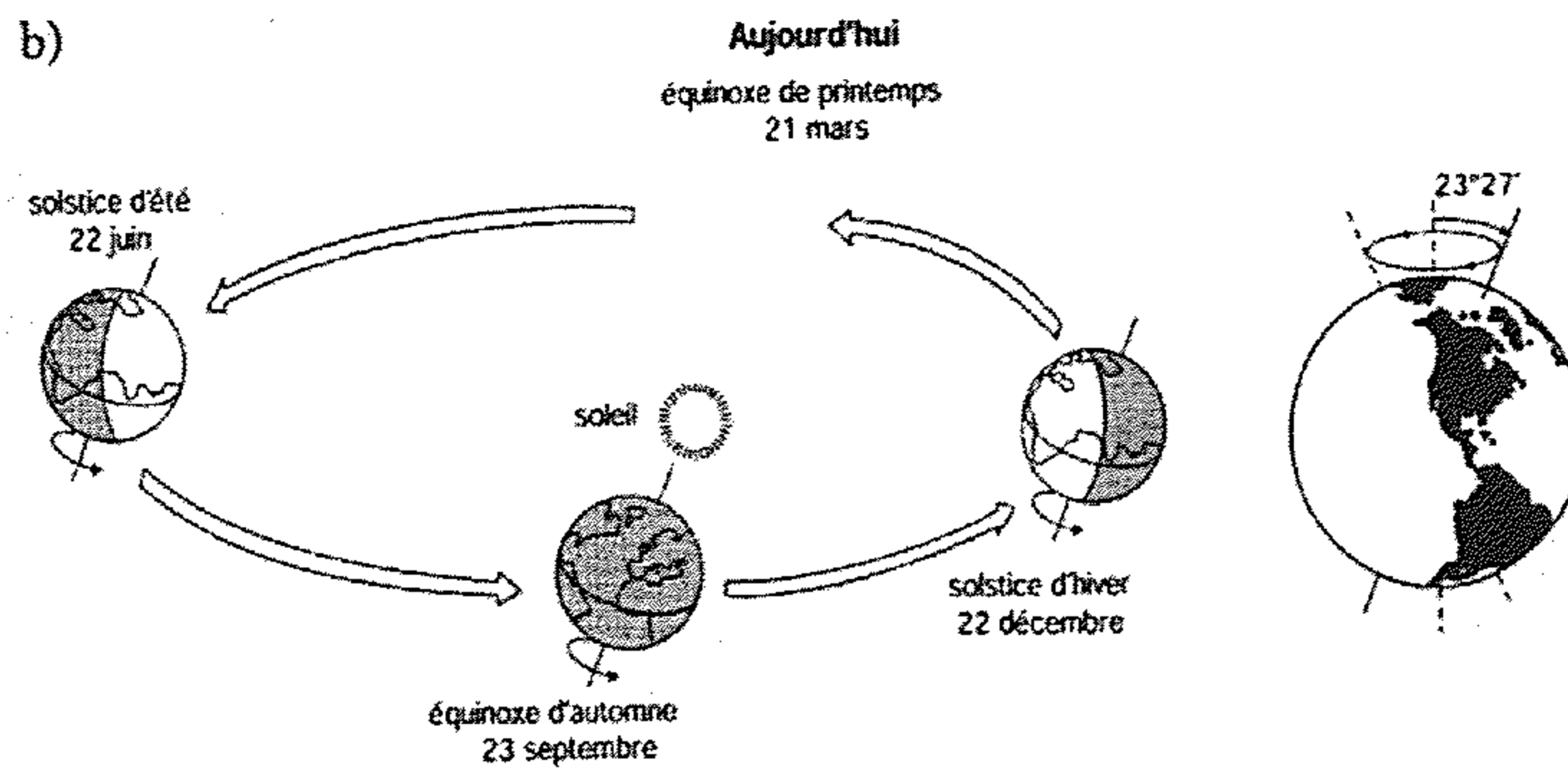
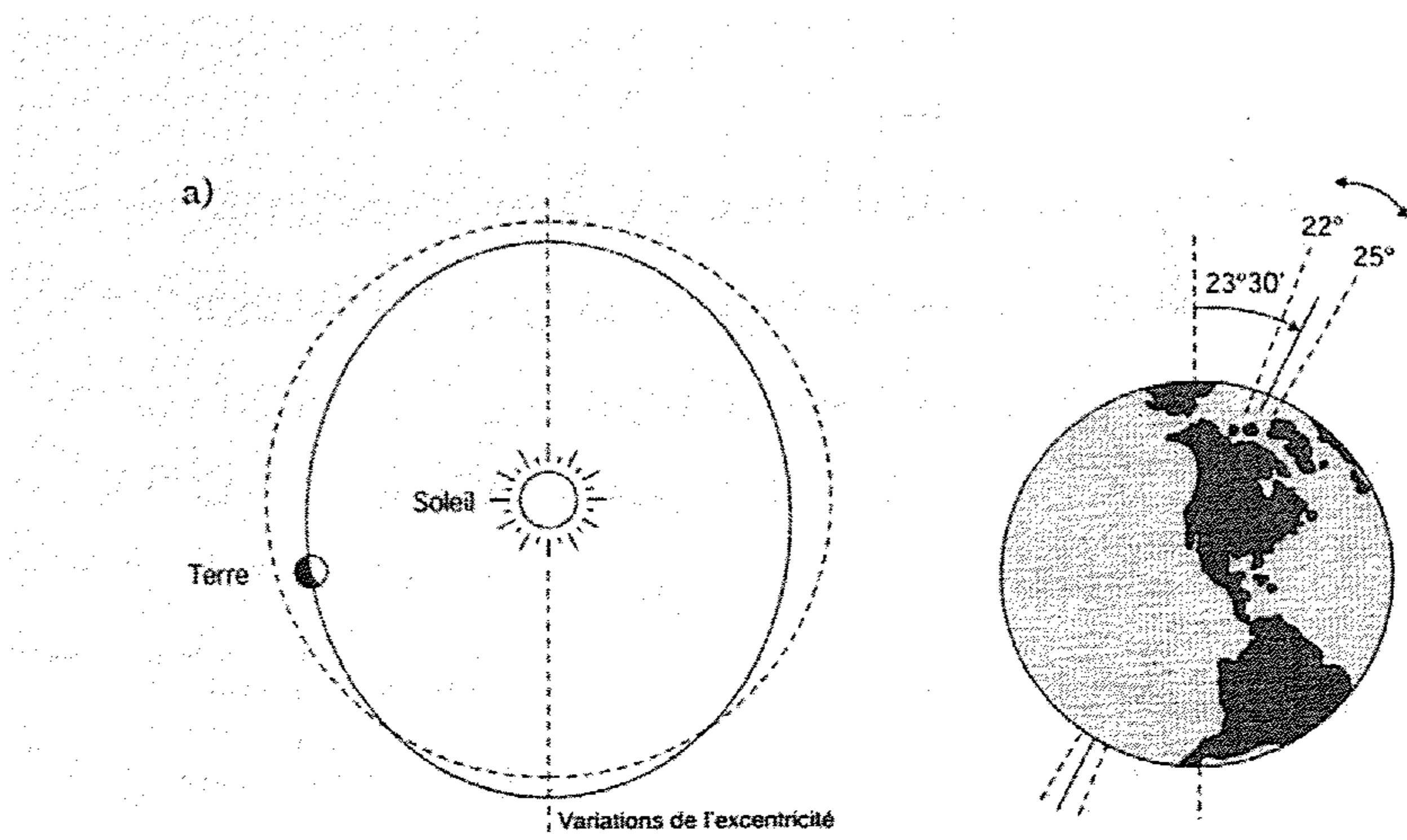
أتاح تحليل النظائر للترسبات البحرية توضيح تعاقب العصور الجليدية، وذلك بنظم وسطى مرة كل ١٠٠٠٠٠ سنة خلال المليون سنة الأخيرة (الشكل ١). كما يظهر التحليل تغلب العصور الجليدية على عصور تراكم الجليد الضعيف، والعصور الجليدية الدورية التى نشهدها فى يومنا هذا. كما تكشف بيانات الرسوبيات هذه عن مصادفة شبه كاملة بين تواتر العصور الجليدية والتغيرات البطيئة لحركة الأرض حول الشمس، التى أدت لظهور النظرية الفلكية للمناخ.

### الفلك كمحرك للعصور الجليدية

قبل معرفة العمر الدقيق للعصور الجليدية المتعاقبة بفترة طويلة، طُرحت النظرية الفلكية للمناخ فى نهاية القرن الماضى. وقد قام بتطوير هذه النظرية العالم الرياضى الصربى ميلوتين ميلانكوفيتش Milutin Milankovitch منذ عام ١٩٢٤، حيث عرفت بنظرية ميلانكوفيتش، وتستند إلى حساب التغيرات عبر القرون لتعرض مناطق مختلفة من الأرض للشمس، والناجمة ليس عن تغير الإشعاع الصادر عن الشمس، بل عن تطور حركة الأرض حول الشمس.

خلال سنة ترسم حركة الأرض شكل قطع ناقص حول الشمس. ولو لم يوجد نجم آخر غير الشمس يمارس قوة جاذبية على الأرض، لبقيت هذه الحركة كما هى على مر الزمن. لكن القمر والكواكب الأخرى فى النظام الشمسى تشوش حركة الأرض.

تتأثر كافة المعايير المدارية التى تمتاز بها هذه الحركة (الشكل ٢). فشكل القطع الناقص أولاً الذى يتميز بثابتة الانحراف عن المركز، يتغير من دائرة تامة إلى قطع ناقص قليل التسطح خلال فترة تمتد من ١٠٠٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠٠ سنة. وثانياً يتأرجح انحراف محور الأرض بالنسبة لمستوى الخط المدارى (مستوى المدار الأرضى) بين ٢٢ درجة و ٢٥ درجة بشكل دورى كل ٤١٠٠٠ سنة. يعدل هذا التذبذب كمية الشمس التى تتلقاها الارتفاعات المختلفة حسب الفصول، وبشكل خاص مدة الليل القطبى فى الارتفاعات الأكثر علواً.



## شكل (٢)

التغيرات البطيئة لحركة الأرض حول الشمس هي محرك التجلدات:

- أ- تغيرات شكل المدار الأرضي خلال فترة ١٠٠٠٠٠ و ٤٠٠٠٠٠ سنة،  
تذبذبات محور دوران الأرض بين ٢٢ و ٢٥ درجة خلال فترة ٤١٠٠٠ سنة.
- ب- دوران محور دوران الأرض من محور عمودي على مستوى دائرة البروج،  
مغيرًا مسافة الأرض- الشمس خلال الفصول.
- ج- منذ ١١٠٠٠ سنة كانت الأرض تمر أقرب من الشمس عند الانقلاب الصيفي  
الجنوبي بينما حاليًا تمر الأرض أقرب في الانقلاب الشتوي الجنوبي.
- الشكل مأخوذ من المناخ من الأمس إلى اليوم- سيلفي جوسوم Sylvie Joussaume.

الحركة الثالثة، هي محور دوران الأرض التي تدور حول محور عمودي  
في المستوى المداري تحت تأثير جذب كل من الشمس والقمر. وينتقل موضع  
انقلاب الشمس الصيفي أو الشتوي واعتدال الربيع أو الخريف ببطء على طول  
المدار حسب أدوار هي ٢٣٠٠٠ و ١٩٠٠٠ سنة، ومنها تسمية مبادرة الاعتدالين  
الربيعي أو الخريفي. ولكن نظرًا للشكل الإهليلجي للمدار الأرضي، فإن المسافة  
بين الأرض والشمس تتغير خلال السنة، وتتغير تبعًا لذلك الطاقة الواردة، حيث  
تتناقص كمية الإشعاع الشمسي الذي تتعرض له الأرض عندما تزداد المسافة. وفي  
وقتنا الراهن، في النصف الشمالي من الأرض تكون المسافة في حدودها الدنيا  
شئًا وتبلغ ذروتها في الصيف. ويحدث عكس ذلك في النصف الجنوبي من  
الأرض. ونشهد اليوم اعتدالاً في فصول الشتاء وبرودة في فصول الصيف في  
النصف الشمالي من الأرض، في حين تزداد التناقضات الفصلية في النصف  
الجنوبي من الأرض.

وعلى النقيض من ذلك، وقبل حوالي ١٠٠٠٠ سنة تقريبًا، مرت الأرض من  
النقطة الأقرب للشمس في المنقلب الصيفي في نصف الأرض الشمالي وليس في  
المنقلب الشتوي كما هو الحال في أيامنا هذه. وبالتالي فإن نصف الكرة الشمالي  
يتلقى طاقة شمسية أكبر صيفًا وأقل شتاءً.

تعدل هذه التغيرات في حركة الأرض حول الشمس بشكل طفيف كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض في كل فصل. وحسب ميلوتين ميلانكوفيتش، عندما يتناقص التشمس خلال الصيف على المرتفعات في نصف الكرة الشمالي، لا تذوب الثلوج بشكل كامل في الصيف وتبدأ بالتراكم، أضف لذلك أن الثلج يعكس بقوة أشعة الشمس مما يؤدي إلى زيادة البرودة ويسمح بانطلاق العصور الجليدية. وهكذا دخلنا للعصر الجليدي الأخير منذ ١١٠٠٠٠ سنة تقريباً. وواجهت هذه النظرية جدلاً واسعاً لفترة طويلة من الزمن، ولم تتعزز إلا عام ١٩٧٦ عندما أصبح ممكناً تأريخ التسجيلات المناخية بشكل كاف.

### مشاهد الطبيعة في العصور الجليدية

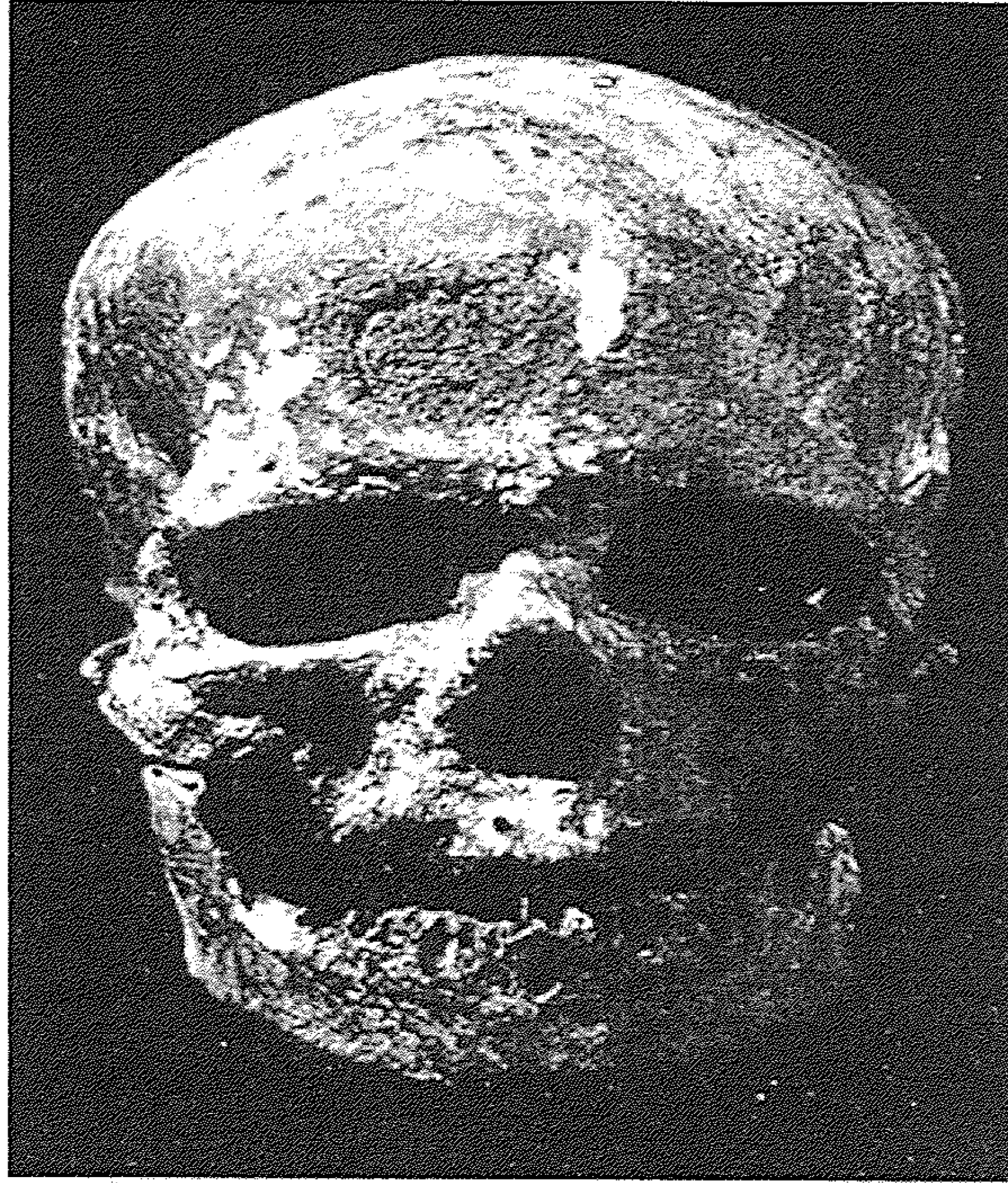
أثناء العصر الجليدي تغير المناخ وشكل مشاهد الطبيعة ما قبل التاريخ. ففي أوروبا تراجعت الغابات، وحلت السهوب محلها، فهيمنت عليها الأعشاب. ويبرهن على ذلك غبار الطلع الذي نشرته النباتات، والذي حفظته الرسوبيات على مدى آلاف السنين في أعماق البحيرات والمستنقعات، وهي تتيح تحديد أنواع النباتات التي كانت تنمو في محيطها دون أي التباس. إلا أن نمو النباتات يرتبط بشكل وثيق بالتوزيع الفصلي لدرجات الحرارة والأمطار. وبالرجوع لنباتات الماضي يمكننا تقدير الشروط المناخية التي كانت سائدة في ذلك العصر، شريطة وجود مثال لهذا التوزيع حالياً يسمح بإنشاء علاقة بين المناخ ونوع النبات.

حدث تغير المشهد في أوروبا منذ ٨٠٠٠٠ سنة، وبلغ ذروة عصر الجليد قبل ٢٠٠٠٠ سنة (الشكل ٣). وفي فرنسا قد تتشابه مشاهد الطبيعة مع تلك التي في لابونيا Laponie الحالية، مع طقس أكثر برودة وحرارة أقل ١٠ إلى ١٥ درجة مئوية بالنسبة لأيامنا هذه، وربما أبرد شتاءً، مع مناخ أكثر جفافاً.

كانت هذه المناخات القاسية مناسبة للحيوانات العاشبة مثل الرنة والماموث، وتؤمن استمرار حياة يسيرة للصيادين وملتقطي الثمار في عصور ما قبل التاريخ، مثل إنسان نياندرتال ثم الإنسان العاقل ويعتبر إنسان كرو مانيون أحد ممثليه (الشكل ٣).



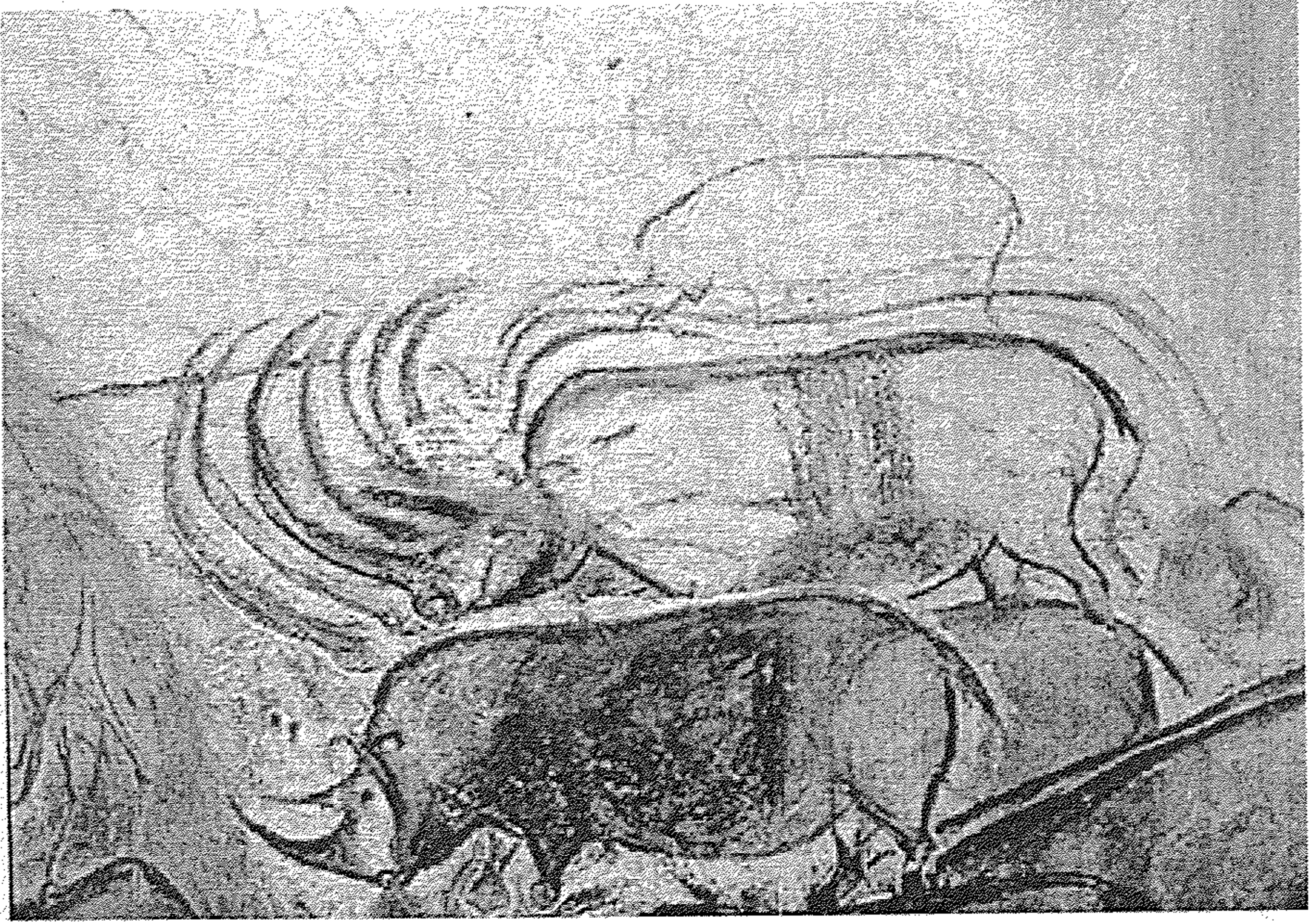
عزلت العصور الجليدية هذه أوروبا عن باقى العالم: وربما ساعدت فى تطور إنسان نياندرتال، الذى كان مربوع القامة، ويشبه من حيث الشكل سكان الإسكيمو أكثر من غيرهم من الشعوب الحالية، وخاصة فيما يتعلق بالتناسب بين أطرافه وجذعه. وربما استطاع الإنسان القادم إلى أوروبا منذ أقل من مليون سنة، أن يتأقلم تدريجياً مع الشروط المناخية الباردة لعصور الجليد المتعاقبة والذى قادنا إلى إنسان نياندرتال، الذى اكتشف فى أوروبا منذ ١٣٠.٠٠٠ سنة، بشكل بدائى. وقد انقرض منذ ٣٠.٠٠٠ سنة، فى أوج العصر الجليدى الأخير لأسباب ما زالت مجهولة ولكن قد تكون مرتبطة بالمنافسة مع الإنسان العاقل فى شروط مناخية شديدة القسوة فى ذروة العصر الجليدى.



شكل (٣)

إن الشروط المناخية خلال الدورة المناخية الأخيرة كانت نقاط علام الإنسان الحديث فى كرو مانيون (صورة من مختبر علوم الإنسان، متحف الإنسان فى باريس).

وصل الإنسان الحديث إلى أوروبا متأخرًا. واجتاحها من الشرق إلى الغرب منذ ٤٥٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠ سنة، في حين وُجد في الشرق الأوسط منذ ٨٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ سنة. وفي الوقت ذاته شهد المناخ ارتفاعًا مؤقتًا في درجة الحرارة، صاحبه تجدد نشاط غبار الطلع للأشجار، مما يكون قد سهّل قدوم الإنسان الحديث من الشرق الأوسط. وتطورت معه النشاطات الفنية. فازدانت جدران العديد من الكهوف في فرنسا وإسبانيا بالحفر والنحت والرسم. لقد رسم على نحو خاص الحيوانات مثل الثيران البرية والماموث والأحصنة وكذلك البطريق والسنوريات أو وحيد القرن المكتشفة حديثًا في كهوف كوسكيه و شوفيه Cosquer & Chauvet في جنوب فرنسا، إلا أنه لم يرسم الرنة إلا قليلًا والتي مع ذلك كان يستهلكها بشكل كبير.



شكل (٤)

رسومات ملونة من مغارة شوفيه، الكائنة في فالون بوندارك في الارديش، فرنسا. الاكتشاف الأخير، هذه الرسومات تعود إلى ٣٠٠٠٠ سنة. (وزارة الثقافة والاتصالات الإدارة الإقليمية للشئون الثقافية التابعة لإقليم رون آلپ، قسم الآثار)



يرجع هذا الثراء الفني "لحضارة الرنة" لأقل من ٣٠٠٠٠ سنة، كما يشهد على ذلك كهف شوفيه (الشكل ٤)، والذي آل إلى الزوال مع نهاية العصر الجليدى. وكذلك انقرضت فى ذلك العصر كافة الثدييات الكبيرة مثل الماموث ووحيد القرن ذى الفروة والميغاسيروس mégacéros لأسباب مازالت مجهولة.

انخفض مستوى البحر فى العصر الجليدى لـ ١٢٠ متر تقريبًا، فتغيرت بذلك حدود القارات ونشأت بينها ممرات. ومثال على ذلك كهف كوسكيه Cosquer، قرب مرسيليا، الذى كان مكشوفًا مما أتاح دخول الإنسان إليه، كذلك كان مضيق بيرينغ على اليابسة مما كان يسمح للإنسان والحيوانات بالعبور بين آسيا وأميركا.

كانت أميركا مسكونة منذ ١٥٠٠٠ سنة، وربما كانت مسكونة قبل ذلك أى منذ ٣٠٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠ سنة تبعًا للتأريخ الذى تم الحصول عليه فى أميركا الجنوبية، مما لا يدع مجالاً للشك فى وجود ممر عبر مضيق بيرينغ Bering، حيث إن انخفاض مستوى البحر ٤٠ متر يكفى لنشوء جسر طبيعى بين القارتين.

### مناخ جليدى غير مستقر

ومع ذلك لا يمكن تخيل مناخ جليدى متماثل خلال عشرات آلاف السنين. فالدراسات التى جرت فى العشر سنوات الأخيرة من خلال الحفريات فى جليد غرونلاند، ومن خلال الرسوبيات البحرية فى المحيط الأطلسى الشمالى، تعطينا صورة عن مناخ جليدى شديد التغير فى درجات الحرارة. وفى جوهر هذه التحاليل، نجد دائمًا الأكسجين ١٨ حيث تتغير نسبته فى الجليد تبعًا لدرجة الحرارة. فكلما كان المناخ باردًا أكثر، كلما تعرض بخار الماء الآت من المحيطات للتكثف أثناء انتقاله من المناطق المدارية نحو خطوط العرض الأعلى، فاقداً كل مرة النظائر الثقيلة. وكل ٧٠٠٠ سنة إلى ١٠٠٠٠ سنة يسجل جليد غرونلاند تسخينًا فجائيًا يتراوح بين ٧ إلى ١٠ درجات خلال عشرات السنين. وقبل ذلك عندما كانت تبلغ البرودة أوجها

كانت رسوبيات الأطلسى الشمالى تشهد قدوم كثيف للجبال الجليدية من الكتل الثلجية من لورانتيد Laurentide. اكتشف هارتموت هاينريش Hartmut Heinrich عام ١٩٨٨، هذه الأحداث، والتي تجسدت بتغير جذرى فى تركيب الترسيب الذى حلت فيه البقايا الصخرية محل الهياكل الكلسية للحيوانات المعلقة بالماء التى تتشكل منها الترسبات. أظهر جليد غرونلند بأن مثل هذا التسخين يحدث كل ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ سنة ولكن بشكل أخف. هذه الأحداث المسماة "دانسغارد أوشغر" Dansgaard-Oeschger على اسم العالمين الذين وضعوها، تبدو مرتبطة بتقصف الجبال الجليدية ولكن من ركام الجليد الإسكندنافية، وما زالت الآليات التى تولد هذا التعاقب فى التغيرات السريعة فى المناخ فى الأطلسى الشمالى عصية على الفهم. وفى هذه الحالة لا يمكن اتهام تغيرات الشمس، ونواجه تفاعلية معقدة بين الطقس والمحيطات والركام الجليدى. ويبدو أن القدوم الكثيف لجبال الجليد يكبح، أو على الأقل يضعف، الجريان المحيطى وبخاصة الغولف ستريم Gulf stream. وإذا ما انطلق من جديد فإنه قد يجر معه فجأة نحو خطوط العرض الشمالية كمية هائلة من الحرارة المخزونة فى المناطق المدارية.

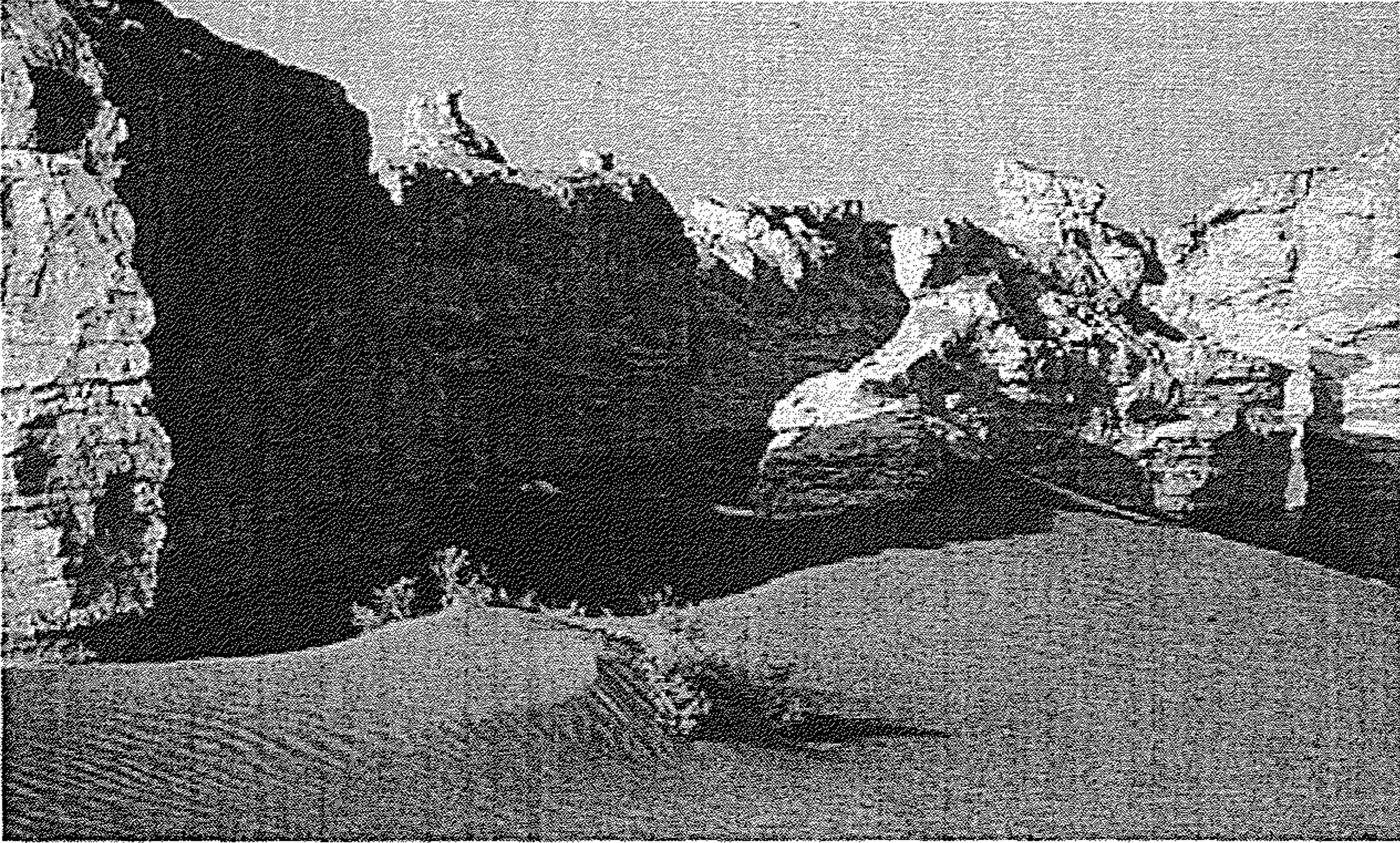
ماذا كانت انعكاسات هذه الأحداث على المناخ فى أوروبا وعلى حياة إنسان ما قبل التاريخ؟ دلّ غبار الطلع على تغيرات فى المناخ، ولكن العلاقة مع أحداث هنريش ودانسغارد أوشغر مازالت بحاجة إلى إيضاح. ترجع مثلاً رسوم كهف لاسكو Lascaux لـ ١٧٠٠٠ سنة أثناء اعتدال المناخ. فهل نجم هذا الاعتدال عن هذه الأحداث المفاجئة فى الأطلسى الشمالى، وهل كان لهذه الأحداث دور إيجابى فى تطور الفن ؟ أسئلة كثيرة ومثيرة ما زالت بحاجة لأجوبة.

### الهولوسينى، عصرنا بين عهدين جليديين

منذ ١٥٠٠٠ سنة بدأ انحسار الجليد وارتفاع مستوى البحار، ومنذ ١٠٠٠٠ سنة بدأ عصرنا بين عهدين جليديين، الهوليسينى holocene، الذى اتسم بظروف مناخية أكثر استقراراً من المناخ الجليدى، مما ساعد فى تطور الحضارات.

ومع ارتفاع درجة الحرارة، بدأت الغابات بالانتشار فى أوروبا من جديد. وفى هذا العصر تطورت الزراعة فى الشرق الوسط. وفى ظل مناخ ملائم للحبوب، بدأ الإنسان بتدجين غذائه، فزرع الحبوب البرية. أما فى أوروبا فقد تأخرت ثورة الحجرى الجديد بالظهور، وانطلقت تدريجياً من الشرق بين سنة ٨٠٠٠ و ٦٠٠٠ وحرصها البحث عن الغذاء الذى أصبح أكثر صعوبة للصيادين فى بيئة من الغابات.

وكانت التغيرات المناخية كبيرة جدا فى بداية العهد الهولوسينى فى شمال إفريقيا. وشهدت الصحارى عصرًا مطريًا بين ٦٠٠٠ و ٨٠٠٠ سنة. وفى قلب الصحراء الحالية كانت تجرى الأنهار وكانت تعيش شعوب من الرّحل. ويشهد على ذلك العديد من الرسومات على الصخور، والهيكل العظمية للفيلة والزرافات وحتى فرس النهر، وكذلك الرسوبيات المتموضعة فى أعماق البحيرات التى جفت تمامًا اليوم (الشكل ٥).



شكل (٥)

فى قلب الصحراء نجد حاليًا تلالا كلسية تشكلت فى قاع البحيرات قبل ٦ إلى ٨٠٠٠ سنة حين كانت الصحراء تعيش مرحلة أكثر رطوبة (تصوير نيكول بوتى مير، المركز القومى للأبحاث العلمية)

كانت هذه الحقبة الرطبة نتيجة مباشرة لتغيرات الشمس الناجمة عن التبدلات البطيئة لحركة الأرض حول الشمس، كما برهنت عليها نماذج المناخات. وهكذا، فإنه حسب مبادرة الاعتدالين الربيعي والخريفي كل ٢٠٠٠٠ سنة تقريباً، تشتد الأمطار الموسمية في إفريقيا وكذلك في الهند. والواقع أنه بسبب ازدياد الطاقة الشمسية، تؤدي الفصول الصيفية الأكثر حرارة إلى تسرب الهواء البحري إلى القارات، مما يتيح هطول الأمطار في المناطق القاحلة حالياً، مبرهنة إلى أي مدى يمكن للفلك أن يبدل من مناخنا. إلا أن الأمطار الشديدة توقفت فجأة منذ ٤٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ سنة. مما تسبب في عودة الصحراء التي دفعت بالسكان نحو مناطق أكثر اعتدالاً، كضفاف النيل.

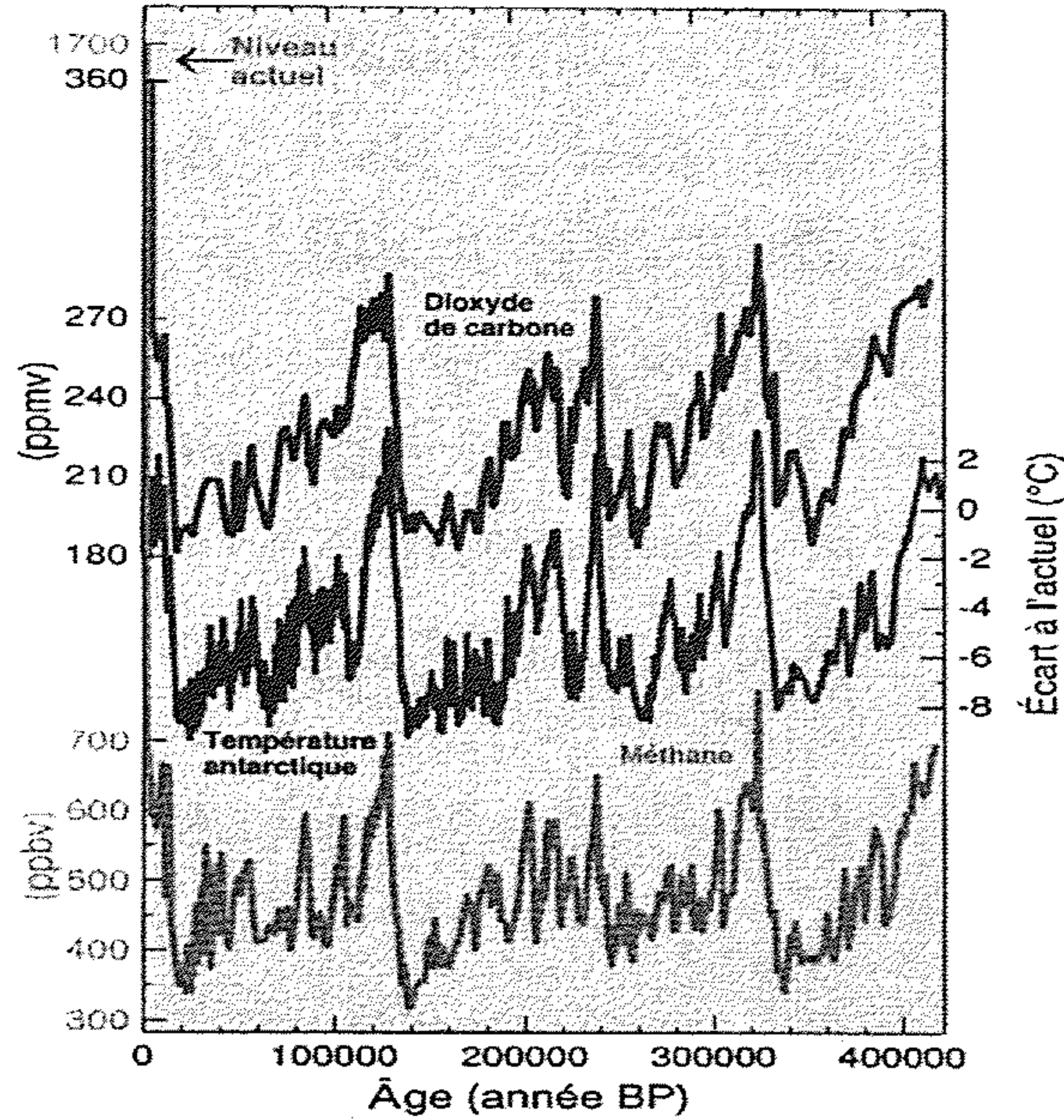
### الإنسان مؤثر جديد على المناخ

لئن كان للمناخات في الماضي دور في تطور الإنسان وفي طريقة عيشه، فقد بلغنا اليوم مرحلة جديدة. أصبح فيها الإنسان ذاته فاعلاً في تطور المناخ. وبسبب التزايد السكاني والتطور الاقتصادي، غير الإنسان تركيب الجو عن طريق حقنه بكميات من الغازات ذات تأثير الاحتباس الحراري على مستوى الكرة الأرضية بأكملها.

تعتبر هذه التغيرات أكبر وأقوى من التبدلات الطبيعية لهذه الغازات خلال الدورات الجليدية، إلا أنها تتميز اليوم بتواتر أسرع (الشكل ٦). والشاهد على ذلك فقاعات الهواء الموجودة في جليد القطب الجنوبي. إذ كلما تراكم الثلج وتحول إلى جليد، احتبس فقاعات هواء مجهرية، يتيح لنا تحليلها إمكانية تحديد تركيب الهواء في العصور الغابرة. وبهذا الصدد وفي قلب القطب الجنوبي، أتاح التنقيب لمحطة فوستوك الكشف عن ٤٠٠٠٠٠ سنة من تاريخ التغيرات الطبيعية لغاز الكربون  $CO_2$  والميثان  $CH_4$ . وتدل هذه المحفوظات الجليدية على أن الغاز المسبب لتأثير الدفيئة والمناخ قد تغيرا خلال الدورات الجليدية وبين الجليدية. وليست التغيرات

فى الغاز ذى أثر الدفينة سبباً فى العصور الجليدية بل نتيجة لها. إذ تزيد التبدلات التى يحدثها الفلك، ويعزز أثر الاحتباس الحرارى فى الحقبة الحارة ويخفف منها فى الحقبة الباردة.

D'après Petit et al.,  
Nature, p. 399, 429 – 436, 1999



شكل (٦)

جليد مأخوذ من محطة فوستوك فى القطب الجنوبى، وسمح بقياس التغيرات الطبيعية لغاز الكربون ( $CO_2$ ) المنحنى العلوى والميتان ( $CH_4$ )، المنحنى السفلى). وهذه التحولات تابعة لتغيرات الحرارة المقدرة اعتباراً من نظائر الماء (المنحنى الأوسط). وأخيراً ونتيجة للتزايد السكانى والتطور الصناعى، ساهم الإنسان فى تغيير تركيب محتوى هذه الغازات كما يشهد بذلك المستوى الذى وصلت إليه حالياً (على اليسار).

(رسم جيروم شابيلا, Jérôme Chappellaz)

CNRS مختبر علم المثالج فى جرنوبل)

(تبعاً لبيتى Petit وآخرين، Nature, p. 399, 429-436, 1999)

وفى أيامنا هذه، ونتيجة للتزايد السكانى والتطور الصناعى، ساهم الإنسان فى تغيير تركيب الغلاف الجوى. وحقنه بكمية من غاز الكربون خلال ٢٠٠ سنة تجاوزت ما أنتجته الطبيعة خلال عدة آلاف من السنين. وكان تأثيره على غاز الميثان أكبر. وتحدث هذه التغيرات فى تركيب الهواء أثرًا تسخينًا إضافيًا، يؤدي وفقًا للتنبؤات الحالية، لزيادة الحرارة. من المتوقع أن تزداد الحرارة ٢ درجة مئوية عام ٢١٠٠ على مستوى الكرة الأرضية برمتها. يمثل ذلك تغيرًا كبيرًا بالنسبة لتاريخ الأرض القديم، حيث تقدر أن انخفاض الحرارة على مستوى الكوكب ككل كان وسطياً خمس درجات فى ذروة العصر الجليدى الأخير. والخلاصة أنه قد يكون لهذا التسخين نتائج كبيرة على حياتنا وسيتسبب بانقلابات كبيرة.

### Articles de vulgarisation

- BAR-YOSEF (O.) et BERBARD (V.), « Les hommes modernes au Moyen-Orient », dossier sur les origines de l'humanité, *Pour la Science*, janvier 1999, p. 102-108.
- CLOTES (J.), « Les grottes peintes du paléolithique », dossier sur les origines de l'humanité, *Pour la Science*, janvier 1999, p. 126-132.
- HUBLIN (J.-J.), « Climat de l'Europe et origine des Neandertaliens », dossier sur les origines de l'humanité, *Pour la Science*, janvier 1999, p. 82-88.
- HUBLIN (J.-J.), « Derniers Neandertaliens et premiers Européens modernes », dossier sur les origines de l'humanité, *Pour la Science*, janvier 1999, p. 110-118.
- JOUSSAUME (S.) et GUIOT (J.), « Reconstruire les chauds et froids de l'Europe », *La Recherche*, juin 1999, p. 54-59.
- LABEYRIE (L.) et JOUZEL (J.), « Les soubresauts millénaires du climat », *La Recherche*, juin 1999, p. 60-61.

### Ouvrages généraux

- DUPLESSY (J.-C.), *Quand l'océan se fâche, histoire naturelle du climat*, Odile Jacob, 1996.
- IMBRIE (J.) et IMBRIE (K.), *Ice Ages, Solving the Mystery*, Harvard University Press, 1979.
- JOUSSAUME (S.), *Climat, d'hier à demain*, CNRS Éditions, nouvelle édition 2000.
- LABEYRIE (J.), *L'Homme et le climat*, Points Sciences, 1993.
- LEROI-GOURHAN (A.), *Les Chasseurs de la préhistoire*, Métailié, 1992.
- *Les Premiers Hommes, des origines à 10 000 ans avant Jésus-Christ*, Bordas, 1993.
- LORIUS (C.), *Glaces de l'Antarctique, une mémoire, des passions*, Odile Jacob, 1991.
- MAGNY (M.), *Une histoire du climat*, Éd. Errance, 1995.
- *The Cambridge Encyclopedia of Archeology*, Cambridge University Press, 1980.

### الباب الثالث

## **المرحلة الأولى للتفكير والنقد: المعرفة والتقنية والأخلاق**





## الرياضيات والواقع<sup>(١)</sup>

بقلم: بيير كارتيه

Pierre CARTIER

ترجمة: د. أنور مغيث

فلنخاطر بإطلاق أطروحة تتعلق بموضوع الرياضيات، وهي ربما تفاجئ المتخصصين، وقد تفاجئ بدرجة أقل غير الرياضيين. ولقد كُتِبَ الكثير عن معنى الرياضيات وأسسها وواقعها. ويبدو لي أن أحد موضوعات الرياضيات هو أولاً اكتشاف تماثلات وانتظامات حتى في أكثر الأشكال بساطة: كأن نلاحظ، على سبيل المثال، أنه في ثلاث حصوات أو في ثلاث ورقات هناك دائماً "الثلاثة" نفسها. ونحن نعرف، عن طريق دراسة المسار التاريخي، أن مفهوماً مجرداً، مثل مفهوم عدد "٣" قد استغرق زمناً طويلاً حتى يتكون، من خلال عدد ما من الانتظامات المعيشة أو الملاحظة في الطبيعة.

ولكن في المقابل، أحد رهانات الرياضيات، وأحد منتجات هذا النشاط، هو خلق نظام وتماثلات جديدة نفرضها على العالم الذي يحيط بنا، من خلال نسخ التماثلات الطبيعية وإعادة تركيبها عليها. يكفي أن نلاحظ منظرًا طبيعيًا بنظرة من الجو أو من قمر صناعي، كي نلاحظ أن أحد نتائج النشاط الإنساني هو خلق تماثلات لا تكون حاضرة في الطبيعة: طرق، بحيرات صناعية، زراعات كبرى، إلخ. فنحن نفرض، بصورة ما، على محيطنا الطبيعي نظاماً تعلمنا الكشف عنه في الطبيعة.

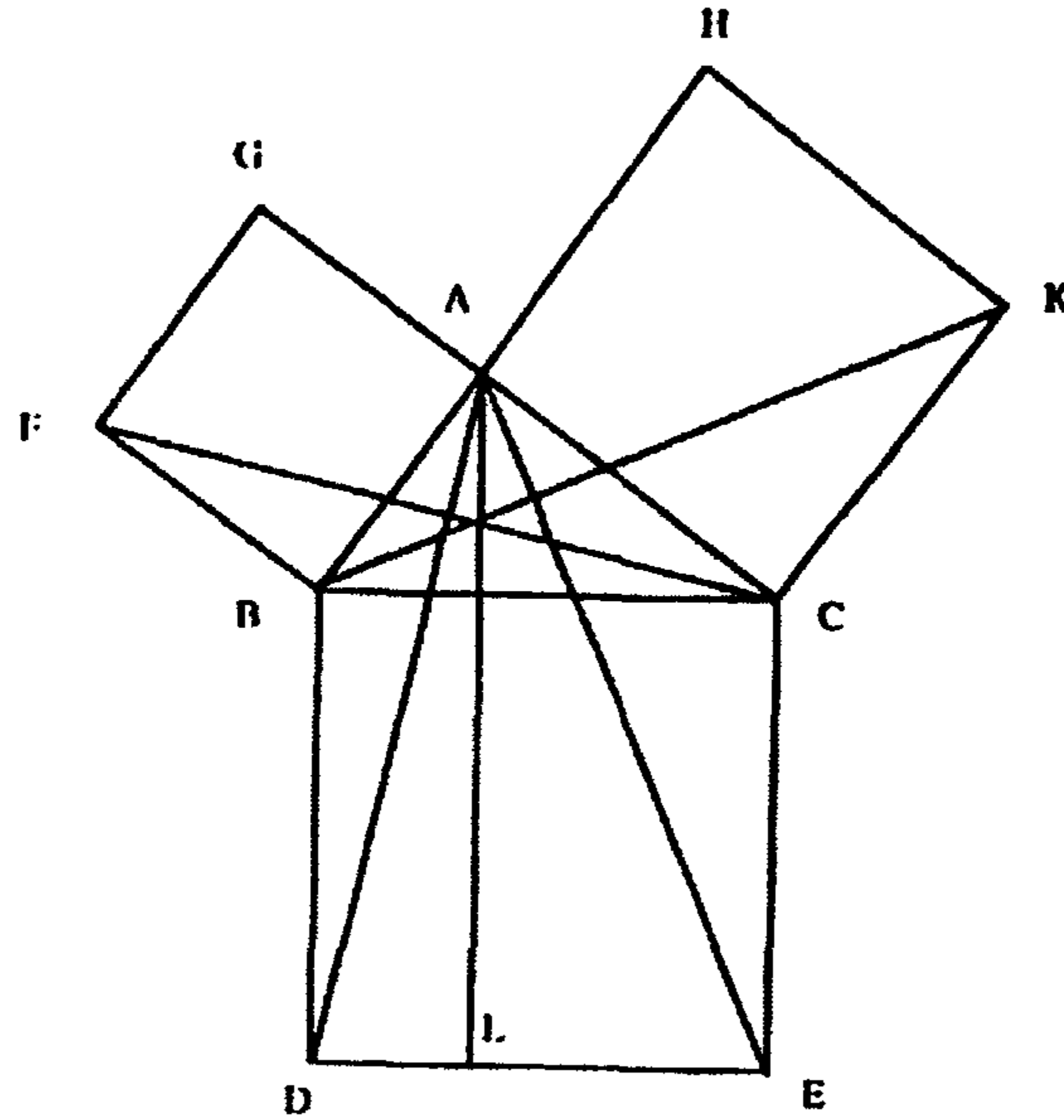
---

(١) نص المحاضرة رقم ١٤ التي أُلقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٤ يناير ٢٠٠٠.

سأحاول إذن أن أدرس هذه الدائرة من الفعل الارتجاعى *rétroaction*،  
دائرة من الفعل الارتجاعى، بين واقع ما والرياضيات.

فالرياضيات فى حركتها الأولى يكون موضوعها هو تنقية وتقليد وتفسير  
الواقع. النظرية الرياضية صورة ذهنية. والأرقام الرياضية "١" و"٢" و"٣" ليست  
إلا تمثيلات على الورق أو على وسائط أخرى لفكرة مجردة هى صورة. هذه  
الصورة ليست نسخة خاضعة للواقع، كما أن الرسم ليس نسخة خاضعة للموضوع  
الذى يتم تمثيله، والأشكال الهندسية صور. وسوف أضرب مثلاً من طبعة حديثة  
لإقليدس Euclide: برهان نظرية فيثاغورث Pythagore من خلال رسم شكل،  
(شكل ١). وهذا أمر يمكن أن يصل إلى مناطق جد بعيدة، وسوف أبين فيما بعد  
كيف أن الفيزياء المعاصرة تستخدم بشكل أوسع الأشكال الرمزية والتي تعد صوراً  
لمفاهيم مجردة.

وفى اتجاه عكسى، أى من الواقع إلى الرياضيات، هذا الواقع - على الأقل  
حينما نفرض عليه نظاماً رياضياً - يحقق الرياضيات ويحاكيها فى أبنية  
اصطناعية. فالساعة الفلكية، على سبيل المثال، هذا العمل الجميل الموروث من  
القرون الماضية الذى يمكن أن نَعْجب به فى بعض الكنائس الكبرى، كما فى  
كاتدرائية ستراسبورج، لا تقدم لنا الحركة السماوية. إنها عمل اصطناعى وبناء  
اصطناعى، يعبر عن هذه العودة: فقد كشفت الملاحظة عن انتظامات كبرى فى  
حركة النجوم، وتتجسد النظرية الرياضية بدورها فى موضوع هو نسخة محاكية  
لما يجرى فى الواقع. وهذا ما يسميه الرياضيون "تمودج *modèle*".



شكل (١)

ويمكن لنا أن نرى مثلاً على هذا الفعل الارتجاعى للرياضيات نحو الموضوعات فى آلة حاسبة بدائية مثل عدّاد الصغار boulier. نحن فى الواقع مغلفون بالرياضيات. فهذا المبنى المخصص للفنون والمهن، وعمارة هذه المدينة، وكل ما يحيط بنا من بناءات اصطناعية، منتجة بقصد طبقاً لنظام رياضى، حتى وإن كان ضمنياً بالنسبة للبانى. وأجهزة الحاسب الآلى هى التجسيد الأكثر جلاء لهذا الفعل الارتجاعى، لهذا الخلق للموضوعات ابتداء من التماثلات الرياضية التى تحاول أن تحاكيها أو تجسدها.

تمثل هذه الحركة المزدوجة التى يضخم فيها كل طرف، الرياضيات والواقع، من الآخر ويتابعه، أحد مصادر خصوبة الرياضيات.

فلنذكر فى التو، مشكلة كبرى - حتى نفرغ منها لأنها سوف تكون موضوعاً لمحاضرة أخرى وجدل آخر - وهى مشكلة مرتبطة بموضوعنا وتخص درجة واقعية الكيانات المثالية الرياضية. وجرت العادة على وضع أفلاطون Platon فى مواجهة أرسطو Aristote فى هذه النقطة. ونحن نطلق اسم

"أفلاطونية" على اعتقاد متبلور إلى حد ما، وساذج إلى حد ما في الوجود الواقعي - في هذا العالم أو في غيره - للموضوعات الرياضية.

يعتقد بعض الرياضيين أن تسلسل الأعداد "١، ٢، ٣..." الذي لا ينتهي موجود في مكان ما. فهم يرون أن موضوعات اللغة الاصطناع: مثل مجموعة الأعداد الأولية أو مجموعة "المجموعات المتناهية البسيطة" وغيرها من نفس الطراز، لها هي أيضا وجود مستقل عنا، متجسدة في مكان ما في عالم من أفكار موازية أو سابقة عن عالمنا. وكان جاليلي Galilé من أوائل من دافع عن مثل هذا الموقف عندما صرح بأن نظام العالم لا يمكن كتابته إلا في لغة رياضية. وما أدهشني دائما في هذه المناقشات الحامية بين الرياضيين أو بين الفلاسفة المهتمين بالرياضيات، حول درجة واقعية الكيانات المثالية الرياضية، هو أنه لا يتم أبدا ملاحظة التشابه مع الموسيقى. لقد كان موزار Mozart مقتنعا بصدق أنه لا يفعل في سيمفونياته سوى أن يعكس موسيقى سماوية، كما كان باخ Bach يعبر عن اعتقادات مشابهة. ومن عادتني أن أقول إن الملائكة تغني بالتأكيد بالألمانية، أو ربما بلغة اليديش لدى البعض منهم. وعندما يقول موسيقار ذلك فإننا في الغالب نبتمس، فنحن نعجب بموسيقاه ولكننا لا نأخذ ما يقول بالمعنى الحرفي. ولكن هناك عدد من الرياضيين يريدون إجبارنا على الاعتقاد بنفس الأمر في الرياضيات. لن ألقى بنفسى، في هذا الجدل رغبة منى في أن أظل براجماتى.

ضروب الالتباس في مصطلح "الواقع" مألوفة. وفي مقتطف من قائمة مراجع لمقال في الفيزياء الرياضية ظهر مؤخرا، تظهر كلمة "واقع" في عنوان مقالين. وتستخدم بصورة بالغة الخداع. وفي مقال آلان كون Alain Connes نجد جملة "الهندسة غير التبادلية non comutative هي الواقع"، تعنى في الحقيقة أن النموذج الرياضى الذى يقترحه، وهو الهندسة غير التبادلية، يعبر عن الواقع. وقد ابتدعها بالضبط لهذا الهدف: من أجل محاولة تقديم ما نطلق عليه "النموذج المعيارى للجزئيات الأولية" بصورة جديدة.

إن كلمة "واقع" فى عنوان هذين المقالين، ولكن بشكل خاص فى مقال مايكل أتية Michael Atiyah، لها معنى مختلف تمامًا. ففي الرياضيات نميز الأعداد الواقعية عن الأعداد المركبة. ولكن هذا لا يعنى أن الأعداد الواقعية هى حقًا واقعية. إن الاعتقاد فى أن الأعداد الواقعية هى حقًا واقعية هو كالاقتقاد فى مادية لانهائية الكسور العشرية لعدد مثل  $\pi = 3.14159...$  إن الكيان المعرفى أو الوجودى لمثل هذا الاعتقاد هو على الأقل مثير للشك، كما يمكن لكل شخص أن يلاحظ. ومن جانب آخر، يمكن أن نعتقد أن الأعداد الخيالية أو المركبة "أقل واقعية" من الأعداد الواقعية. ولكن منذ حوالى قرنين حين شرح لنا جاوس Gauss وأرجان Argand أن الحسابات على الأعداد المركبة ليست سوى ترجمة رمزية مجدية وحاذقة للغاية لبراهين الهندسة المسطحة، ومنذ أن استخدم هذا المنهج بغزارة فى الكهرباء وفى مجالات عملية أخرى، أصبح من المستحيل الاعتقاد أن الأعداد الخيالية أكثر "خيالية" من الأعداد الواقعية.

فى الاستشهادات السابقة، يتعلق الأمر حقًا بمعرفة ما إذا كنا، فى بعض النظريات الفيزيائية، مثلاً فى حاجة إلى استخدام الأرقام المركبة فى الصورية الرياضية أو ما إذا كان بإمكاننا الاكتفاء، على الأقل من حيث المبدأ بالأعداد الواقعية. لا يتعلق الأمر بجدل فلسفى أو ميتافيزيقى ولكن بشروط صارمة للغاية يجب أن تترجم بصورة صريحة بواسطة صور بعض المعادلات التى يمكن لنا أن نختار فرض هذه الشروط عليها أو لا. وفى بلورة نموذج فيزيائى رياضى، يضيف تخفيض أو زيادة عدد المؤشرات، أو يحذف من الحرية فى النظرية، وينمى أو يقلل من مرونة تمثيل العالم.

وفى مجال آخر، نظمت منذ عدة أشهر ندوة علمية بعنوان: "الرياضيات والواقع" كان فيها مصطلح "واقعى" مأخوذاً بمعنى آخر، وهو المعنى الذى يقدمه المحللون النفسيون اللاكانيون<sup>(٢)</sup> - وقد شاركوا فى هذه الندوة - لهذا المصطلح ويقصدون به "واقعية ما" للظواهر النفسية و"واقعية ما" للذات.

---

(٢) Lacaniens نسبة إلى جاك لاكان المحلل النفسى الفرنسى الذى أعاد تفسير نظرية فرويد من منظور البنيوية اللغوية.

كلمة "واقعي" إذن ليست محل ثقة، وأفضل الحديث، ليس عن "الرياضيات وما هو واقعي" - وهو موضوع واسع أكثر من اللازم - ولكن عن الرياضيات والواقع؛ وهو موضوع واسع أيضا ولكنه يتمحور حول الأطروحة التي أعلنت عنها في بداية الندوة.

قبل فحص مضمون الرياضيات نفسها ينبغي أن نتساءل عن من يصنع الرياضيات. فإن ما يميز الرياضيات عن علوم أو أنشطة إنسانية أخرى هي طبيعتها "الموضوعية" أو بالأحرى "ما بين الذاتية" intersubjectif. ليس لأنني أتبنى أطروحات الباحثين في علم اجتماع العلوم الذين يرفضون موضوعية المفاهيم العلمية ويردون النشاط العلمي إلى نوع من المساومة السياسية المبتذلة، وإلى موازين قوى بين أفراد، وهو إفراط وقع فيه بعض تلاميذ توماس كون Thomas kuhn<sup>(3)</sup>. ولكن الرياضيات مع ذلك تعد علما متخلصا من الذاتية أكثر مما هو علم مكتسب بالطابع الموضوعي. وهذا يعني أننا نجهد أنفسنا في تقديم أو نقل المفاهيم كما خلقت بحيث يزول التأثير النفسي إلى أقصى حد.

على أقل تقدير، المثل الأعلى للتقديم الرياضي، هو القانون الهندسي الذي ورثناه عن إقليدس الذي يجهد نفسه في استبعاد براهين رياضية زائدة عن الحاجة أو كل ما يتسم بالذاتية. إذا كان المشروع الرياضي هو مشروع بين ذوات، وإذا كان يجتهد في بلورة مفاهيم وأفكار تفرض نفسها على الجميع بصرف النظر عن ذاتيتهم ويمكن تلقيها أيّا كانت الحالة الداخلية لانفعالات الذات، فهو أيضا عمل جماعي. كل جيل يقف على أكتاف العمالقة الذين سبقوه. والرياضيات، مثلها مثل باقي العلوم بل وحتى أكثر منها لأن تاريخها أطول وتستند إلى مكتسبات الأجيال السابقة. المراجعات الأساسية أقل وتيرة في الرياضيات منها في العلوم الأخرى، وهذا لا يعني أنه لا يوجد تغيير في وجهات النظر أو في "النماذج الإرشادية

---

(3) فيلسوف علوم أمريكي صاحب أطروحة تفسير بنية الثورات العلمية من خلال تغيير النموذج الإرشادي.

Paradigmes" حسب تعبير توماس كون، ولكن مسار تطور الرياضيات هو بالأحرى تراكمي ومنتام أكثر من كونه مسارًا يتقدم عبر ثورات. فكل فكرة تم تحصيلها في لحظة ما تستمر في البقاء؛ فحدث رياضي يظل حدثًا رياضيًا، حتى وإن تغير نمط التعبير عنه على مدار التاريخ. الرياضيات نشاط داخلي جدا، وبصورة أساسية بسبب هذا المثل الأعلى لنزع الذاتية. وكما حلل لكان Lacan جيدًا فيما يخص جويس Joyce، وبعده تلميذ له فيما يخص جورج كانتور George Cantor، مؤسس نظرية المجموعات ensembles، يسمح الانغماس في النشاط الرياضي بأخذ مسافة من الأنا، ويمكن أن يسمح في بعض الحالات أن ينحى أو على الأقل أن يؤخر ظهور الذهان النفسي أو احتمالية الذهان. من جانب آخر، من المدهش ملاحظة أن في الفترة الأكثر سوادًا في مغامرة الاتحاد السوفييتي، كانت المدرسة الرياضية السوفييتية غاية في الازدهار. يبدو أن الشهادات المباشرة المتاحة اليوم تشير إلى أنه في مجتمع معاد وخطير لأقصى حد، فإن النشاط الرياضي، حين يتمكن من فرض نفسه بوصفه نشاطًا غير مهدد من الناحية الاجتماعية كما هي حالته في النظام السوفييتي، بل وأحيانًا قد يكون مفيدًا - لأنه يمكن أن يساعد العلوم الأخرى ولاسيما المنظومة العسكرية الصناعية - هو ملجأ للشخصيات الحساسة جدا والمفرطة في استقلاليتها. على العكس إذا كان يصعب اليوم الإبقاء على مدرسة علمية ذات شأن في موسكو، فذلك لأن الظروف تغيرت تمامًا.

### وماذا عن ترجمة الأفكار في اللغة الرياضية؟

تحتاج الأفكار الرياضية بالتأكيد كي تنتقل إلى لغة. ولكن تم بلا شك الإلحاح على الرياضيات بوصفها لغة مع التشديد كثيرًا على جانبها "الاصطلاحي". بل إن بوانكاريه Poincaré نفسه، في بداية القرن العشرين قد طور بشدة فكرة أن الرياضيات ليست سوى نزع اصطلاحية. وكان الجدل يدور في هذا الوقت حول النقطة التالية: نحن نضع تعريفات لأنها مناسبة، ولكن هل هناك أساس من واقع يكمن خلفها؟. والشكل الأكثر تطرفًا لفكرة أن الرياضيات لغة، هو الموقف الشكلي



الذى نربطه غالبًا باسم هيلبرت Hilbert، والذي يهدف إلى بناء لغة متسقة مع نفسها دون الانشغال بالاتساق مع العالم الخارجى. وهنا يتعلق الأمر بالصيغة الأكثر تطرفاً من نزعة ذاتية الرياضيات التى ذكرناها سالفاً: إن الموقف الذى يختزل الرياضيات إلى مجرد لغة يمكن حتى أن يتخذ شفرة له فى تسلسلات من "٠" و"١" يمكننا التلاعب بها دون أى حرج نفسى.

بالتأكيد من المهم القول إن كل فكرة ينبغى أن تترجم فى لغة وأن وجود لغة هو ضرورى من أجل الاتصال. والحال أن النشاط الرياضى هو أيضاً ميلاد لأشكال معقدة ينبغى الإشارة إليها. فى بداية تاريخ الرياضيات وجد الرياضيون الإغريق أنفسهم مضطرين إلى أن يسموا ما نطلق عليه "دائرة" أو "مكعب" إلخ. ولكن كان الأمر يتعلق بالنسبة لهم بكلمات "دارجة" فى حين أنها بالنسبة لنا مصطلحات "علمية". وكما أن الرياضيين يستعيرون من اللغة العلمية أو من اللغة الدارجة صيغاً لفظية معبرة ("برميل" على سبيل المثال كان الاسم الذى منح لشكل هندسى خاص). ولكننا قد لا نتوخى الحذر ونأخذ هذه التسميات حرفياً: تخيلوا أن "برميلاً" هو برميل حقيقى. والشاعر جاك روبو Jacques. Roubaud هو بلا شك أفضل من حل لعبة المخدوعين هذه فى كتاب له بعنوان: "حكاية رياضية"؛ ويصف فيه شبابه الرياضى - فقد كان رياضياً قبل أن يكون شاعراً - معاصراً لموجة الرياضيات الكبيرة فى سنوات ١٩٦٠ والتى نقرنها عادة باسم بورباكى bourbaki. ويوجد داخل الشخصيات الواقعية تماماً التى يصفها روبو شخصية الرياضى الدوجماطيقى الذى لا يؤمن سوى بالرياضيات وغير قادر على تحديد موقعه فى العالم المحيط، لكنه يعيش بكثافة، توهمات اللغة المعيارية axiomatique. وفى العالم الرياضى توجد بعض الشخصيات الغريبة من هذا النمط.

ولنتنقل إلى جانب أكثر إيجابية عن العلاقات بين الرياضيات والواقع. للرياضيات هذه الإمكانية الاستثنائية فى أن تستخدم بوعى وبصورة فعالة تخيلات. فأغلب الموضوعات التى نعالجها هى تخيلات. والرأى الشائع يقيم

منظومة الرياضيات، عبر سلسلة من الاختزالات، على قاعدة أساسية لا تكون تخيلاً، تتكون من الأعداد الواقعية ١، ٢، ٣... ولكن من يمكنه أن يتخيل عدداً يحمل مليار من مليارات من مليارات الأرقام؟ وهذا العدد لا معنى له بما أنه يحمل من الأرقام ما يصعب علينا عملياً أن نكتبه. إنه تخيل. وهناك تخيلات كثيرة في الرياضيات، وهي مفيدة جداً لأنها تسمح بالتحرر من الواقع، وبالسفر في الخيال والمجرد والذي يسمح بعد ذلك بالعودة إلى ما هو عيني بصورة أبعد بكثير.

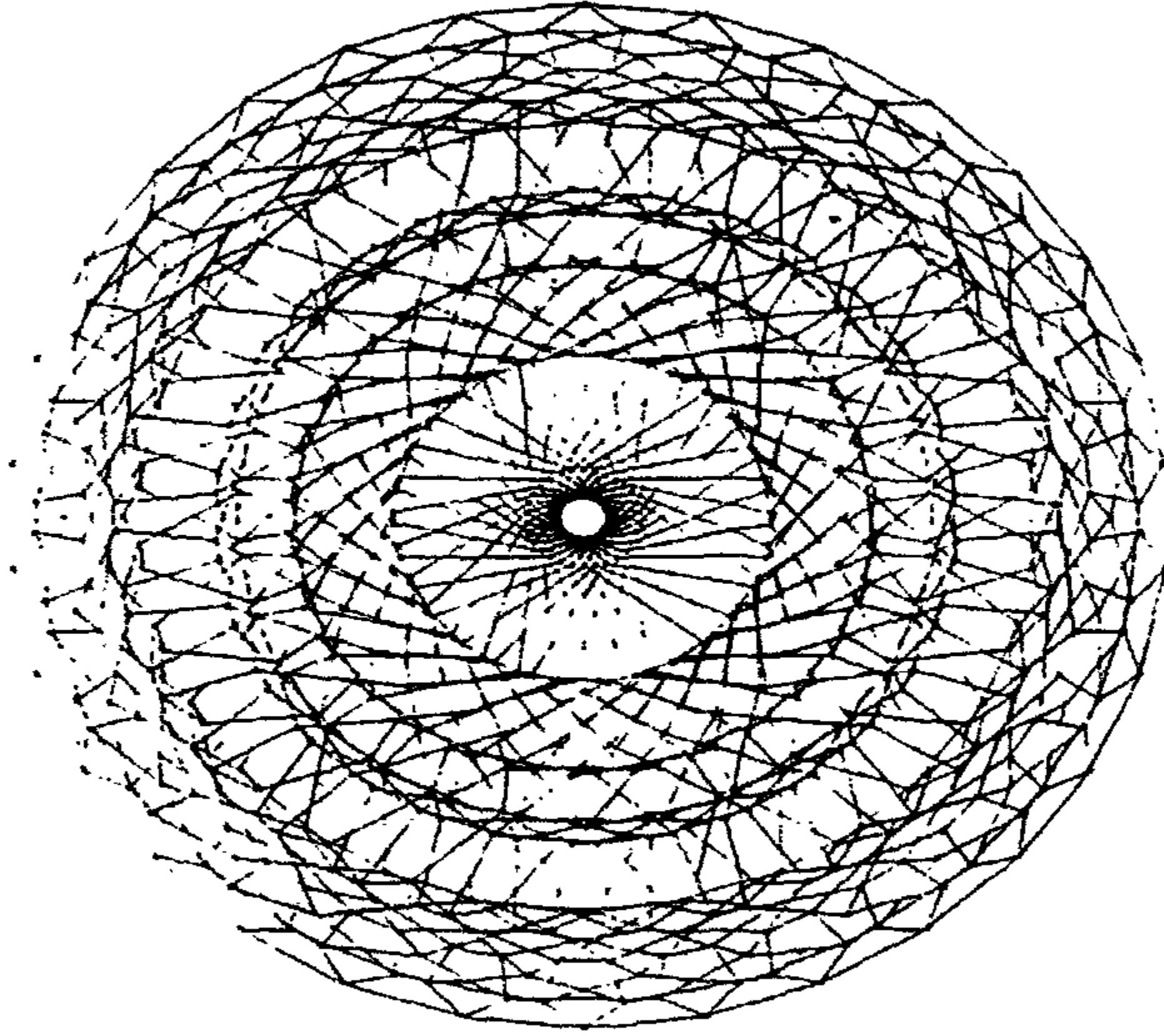
وبجانب التخيلات الرياضية توجد أدوات فعالة بصورة خارقة للعادة. وأحد أهداف الرياضيات هو استنتاج وتنظيم معرفة عملية ذات طبيعة توفيقية: عدد أكثر كفاءة من أجل أعداد أكبر. هذه الفكرة التي بمقتضاها تكون الرياضيات مخزناً للأشكال هي فكرة أساسية. قلت بالفعل "معرفة عملية" وأضع "معرفة عملية" savoir fair في مواجهة "معرفة" savoir. وما يميز المعرفة العملية عن المعرفة هو أن المعرفة العملية تنتقل بالكلمات والكتب والمداخل والدروس وأيضاً، وقبل كل شيء بواسطة اليد. جيل شاتليه Gilles Châtelet الذي توفي مؤخراً والذي كان قد استكشف هذه الفكرة في كتاب مهم، كان يترجم هذا بواسطة فكرة "الإشارة geste" كان يقول إن الإبداع الرياضي هو أولاً إشارة. ولقد حل ذلك جيداً عندما درس حساب الموجهات calcul vectoriel في القرن التاسع عشر، في ارتباطه بالفيزياء في هذا القرن، أي فيزياء الكهرباء والقوى. وهذا يعدّ حدساً عميقاً. فكون أن الرياضيات "معرفة عملية" يمنحها مظهراً موضوعياً، ويمنحها هذا التحرر من الذاتية. واللغة يمكن تعلمها بالتقليد ويمكن نسخها، أو قراءتها ولكن ينبغي لها من حيث المبدأ أن تكون منفصلة عن كل انفعال.

أما المعرفة فهي بالأحرى الخطاب المنظم حول "المعرفة العملية". المعرفة العلمية الرياضية هي ما يمكن لنا وضعه في سجل أو في قاموس. هناك صيغ رياضية، وجدول رقمية - وقد عفا عليها الزمن اليوم لأن الحاسبات الآلية تقدم لنا القيم بصورة فورية دون أن تكون بنا حاجة لطباعتها لتبقى للأبد - وهناك سجلات رياضية متعددة، وكتب في الهندسة. هذه هنا وقائع أو معرفة علمية يمكن نقلها من

جيل إلى جيل، بالصورة نفسها التي ننقل بها فن بناء جدار مستقيم أو سقف لا يسقط، إلخ. (ترتبط العمارة والرياضيات ارتباطاً حميماً مما يجعل المجاز غير مفتعل).

المعرفة هي، في كل عصر، الخطاب الذي يحاول أن ينظم هذه المعرفة العملية وأن يبرز نقاط الارتباط بين الأجزاء المختلفة لها، وأن يصف شروط تطورها اللاحق. المعرفة هي إلى حد ما الأيديولوجيا القائمة حول المعرفة العملية، وللمعرفة العملية وجود ما مستقل: إذ تتجسد غالباً في الرياضيات من خلال خلق الأشكال.

وها هو شكل مستعار من كتاب في الهندسة التقليدية لكوكستر Coxeter - رياضى كندى كبير يبلغ من العمر ٩٥ عاماً - وهو صفّاح polyèdre ذو أبعاد أربعة (شكل ٢) يصعب تمثيله في مكاننا ذي الأبعاد الثلاثة، لأن بعدين فقط يمكن رؤيتهما في الشكل. وإذا حللناه بالتفصيل، وجدناه موضوعاً غاية في التعقيد والانسجام ويتسم بتمائل كبير؛ وما إن تم وصفه وتنفيذه فهو موجود. وعلى عكس ما نقول في العادة، فإن الرياضيات ليست مجرد معادلات. فمخزون التمثيلات والإمكانات الرياضية أكثر ثراء من مجرد مخزون المعادلات. الأشكال الهندسية تلعب دوراً مهماً للغاية، ولكن يمكن أن تكون واقعية أو رمزية: ويوجد فن كبير في تنظيم حسابات معقدة بصورة مرئية تمثل الخطط الإجمالية organigrammes الخاصة بها صورة شائعة.



شكل (٢)

إن المعرفة العملية للرياضة تتمثل في خلق أدوات ذات كفاءة. وهناك كمية كبيرة منها. ولناخذ نموذجاً لذلك وهو عملية العد، وكل الأنظمة التي تتابعت خلال التاريخ. عبر القرون تجلى تقدم الإنسانية في إمكان تمثيل الأعداد. وبالتالي إعداد النتائج والساعات... إلخ. ولكن هناك بعض موضوعات رياضية لها دلالة على نفس الدرجة من الأهمية. انظر هنا إلى أحد أول النماذج التي نطلق عليها في الرياضيات "مصفوفة matrice" (شكل ٣) مأخوذ من كتاب عربي يرجع تاريخه إلى القرن الحادي عشر ويتعلق بالمربعات السحرية. يتعلق الأمر بلعبة نكتب فيها أرقامًا في جدول والمصفوفة هي جدول من هذا النوع، ملئ بالأعداد. وهي أداة قديمة جدا لأن ألعاب الرياضيات كانت تؤدي إليها.

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| ٢٢ | ١٤ | ١٩ | ١٥ | ٣٨ | ٤٠ |
| ٨  | ٢٣ | ١٧ | ١١ | ٢٤ | ٢٩ |
| ٣٥ | ٧  | ٢٤ | ١٨ | ٣٤ | ١٢ |
| ١٣ | ٣١ | ٧  | ٢٨ | ١١ | ٣٧ |
| ٣٦ | ١٤ | ٣٢ | ١  | ٢٩ | ٢٥ |
| ٢١ | ٣٦ | ٨  | ٣٣ | ٣٧ | ٢٨ |
| ٤٦ | ١٨ | ٢٥ | ٩  | ٣٤ | ٣٨ |

شكل (٣)

وفي العصر الحديث أصبحت "المصفوفات" أداة أساسية تمامًا، وأول شيء يتعلمه طالب العلوم عندما يتخرج من الثانوية العامة هو حساب المصفوفات. وعندما نرغب في عمل تطبيقات للرياضيات على النمذجة الواقعية، بناء نموذج لقطار، لطائرة أو لصاروخ، إلخ، فإن الأداة الأساسية للحساب العددي هي تحليل المصفوفات. والحال أن ما هو مدهش هو أن المصفوفات التي أدخلها رياضيو القرن التاسع عشر بصورة غير مباشرة، تحت اسم "المحددات *déterminants*" قد أعيد اكتشافها ونشرها بواسطة الفيزياء في سنوات ١٩٢٥-١٩٢٦ عندما تم إيداع ميكانيكا الكم. فلقد عد هايزنبرج Heisenberg المصفوفات موضوعًا أساسيًا لنموذجه في فيزياء الكم.

هذه المصفوفات موضوعات طبيعية جدًا. وترجمة المصفوفات في الاقتصاد وهو ما نطلق عليه "نموذج ليونتيف *modèle de leontiev*" وهي شيء بسيط لدرجة أن أي محاسب أو شخص يخطط للإنتاج يستعمله بصورة ضمنية. ومع ذلك حتى سنوات ١٩٢٠ بقي موضوعًا مستغلًا نسبيًا. هناك بالتأكيد شكل مثالي للمصفوفة، لكنه يتجسد في شيء ملموس تمامًا.

ويذهب الرياضى إلى ما هو أبعد من البداهة عندما يتخيل جدولاً مربعاً مليار  
فى مليار من الخانات التى يمكن التلاعب بها؛ ولا يستطيع فى هذه الحالة أن يقوم به  
بمساعدة الرؤية، مستخدماً ورقة وقلماً لكنه مضطر إلى استخدام الحاسب الآلى، الذى  
أخترع لهذا القصد بواسطة المهندسين حيث - وهو ما كان تخيلاً رياضياً - تتجسد  
المصفوفة ذات مليارات ومليارات من الأعداد، فى موضوع هو نفسه ليس خيالاً.

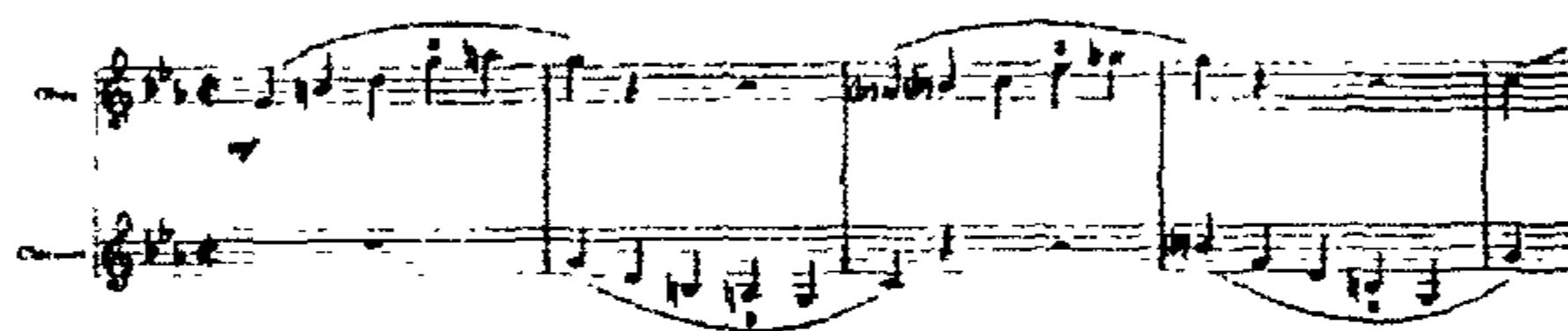
المصفوفة وتطورها اللاحق توضيح جيد لهذه الحركة المزبوجة ذهاباً وإياباً  
بين الرياضيات والواقع.

يمكن لنا أن نستشهد بكثير من الأمثلة الأخرى: "التمثيل اللاجرانجى"<sup>(٤)</sup> (القائم  
على المتغيرات من حيث المبدأ) للميكانيكا، والذى يعد التمثيل الأكثر عمقاً، فكرة  
المشتقة *dérivée* وفكرة التكامل *integral* والتى أصبحت مفاهيم أساسية فى الاقتصاد  
والفيزياء، إلخ، وأيضاً أشياء أخرى أكثر قدماً مثل الصيغ الهندسية (حجم الدائرة،  
حجم الهرم) أو أيضاً - وهو إبداع كبير للقرن التاسع عشر - حساب الموجهات. وما  
يظهر كل مرة أثناء هذه التطورات هو أننا بإزاء أدوات ذات استخدام متعدد. عندما  
بلور الرياضيون مفهوماً مثل "المصفوفة"، كان هذا المفهوم مرناً لدرجة أننا أمام كل  
مشكلة جديدة يمكن لنا أن نحاول أن نعمل منها نموذجاً باستخدام مصفوفات. وكل  
الهندسة والكهرباء تستخدم بتوسع حساب الموجهات وتنوعاته العديدة. والتوافيق  
*combinatoires* هى أحد أكبر مكتسبات القرن العشرين. وسوف أقدم مثالين: من  
جانب، مقطع من السيمفونية الرابعة لأنطون بروكنر Anton Bruckner، والتى كان  
كوكستر مولعاً بها (شكل ٤)، ومن جانب آخر جدول أعداد. ويمكن للرياضى أن  
يخلق أشكالاً تكون مكافئة تماماً للأشكال الموسيقية. أحد موضوعات الإبداع  
الرياضى، هو خلق أشكال مكافئة للأشكال الموسيقية لا تشير إلا إلى هذه الأشكال  
الموسيقية لا أكثر ولا أقل. فى حين أن كل شخص يؤمن بأن الأشكال الموسيقية  
جعلت لإثارة الانفعال، لا يترك البعض أحداً يطرح نفس السؤال عندما يتعلق

---

(٤) نسبة إلى العالم الفرنسى لاجرانج Lagrange.

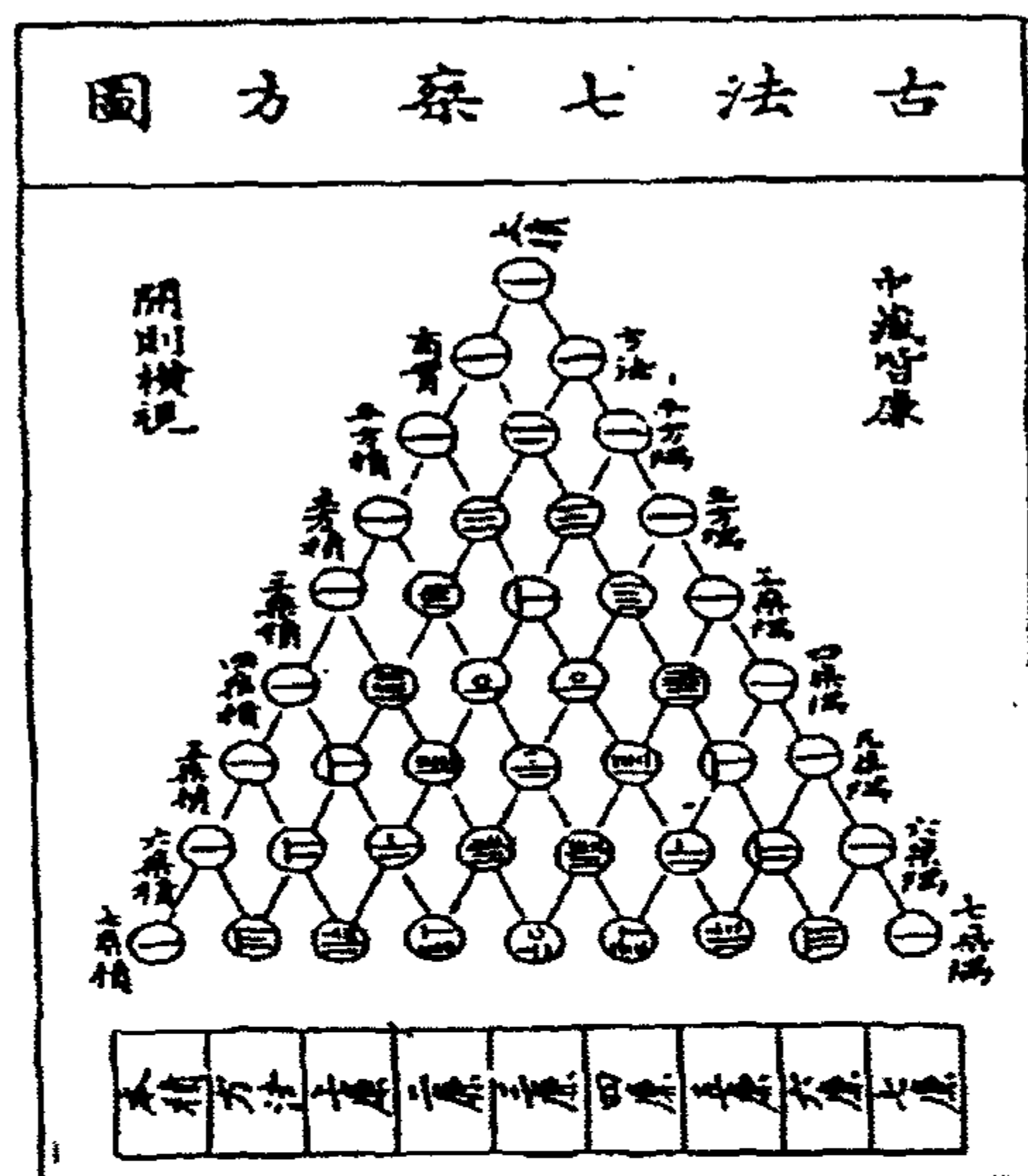
بالأشكال الرياضية. ومن وجهة نظرنا، أنه بقدر ما يتم تكوّن الرياضيات بصورة مستقلة عن أى حساسية، وكل تأثر، وبقدر ما أن يوجد الموضوع الرياضى حتى يكون له جماله الخاص والذي يرمز إليه الصّفاح ذو الأبعاد الأربعة.



شكل (٤)

السيمفونية الرابعة لبروكنر، سطور ١٣١-٤

إن ما نطلق عليه فى فرنسا مثلث بسكال triangle de Pascal، هو معاملات ذات حدين. يمكن أن نجد له طبعة صينية منذ عام ١٣٠٠ أى يرجع تاريخها إلى ٣٥٠ سنة قبل بسكال (شكل ٥).



شكل (٥)

"مثلث بسكال" فى كتاب صينى لشوشى - كيه Chou Chi-Kié (١٣٠٣)¹.

مثال ثان عن التوافق مقتطف من كتاب مخصص للجزئيات الأولية هو ما نطلق عليه رسوم فاينمان Feynman البيانية وهو مثال نمطي على التمثيل الرمزي للتوافق. وكل واحد من هذه الرسوم يمثل عملية يمكن أن تحدث بين الجزئيات الأولية. إنها شفرة ينبغي معرفتها وفهمها. تكمن أهمية اكتشاف فاينمان في أنه يمكننا من أن نتخيل أنه تمثيل للجزئيات رمزي لبعض الشيء ولكنه واقعي إلى حد كبير. والنترونات التي تصطدم ببعضها البعض وترتد إلى بعضها البعض وفي نفس الوقت هي طريقة مكثفة جدا لتشفير عمليات حسابية معينة. والمتدربون على قراءة مثل هذا النوع من الرسوم البيانية يرون مباشرة كل الحساب الذي ينبغي القيام به أو الذي ينبغي أن نطلب من الحاسب الآلي القيام به. وهذه إحدى الخصائص المدهشة للرياضيات وهي إمكانية خلق أدوات ذات استخدام متعدد، كما قد يبدو أنها مجرد ألعاب.

ولا ننسى الجانب الجمالي فالجبر المسمى بالحديث الذي يبدأ بطرح مجموعات وحلقات ثم بعد ذلك الأجسام والمقاييس يحتوى على أشياء جميلة ومفاهيم نقية تمامًا، وتعريفات جد بسيطة، وفعاليتها خارقة للعادة.

وموضوع الرياضيات هو اختراع نظام. وهناك الكثير من صور الانتظام والتماثل في الطبيعة. أجملها بلا شك هو حركة النجوم. هذا المشهد الخاص بانتظام الحركة السماوية رائع، ويمكننا الاستمتاع به بشكل دائم. إنه الأول بين النظم الكبرى التي تم رصدها. ولكن ابتداء من اللحظة التي تم رصده فيها، بدأنا في إعادة فرضه على العالم. الترقيم المتنامي للعلاقات الاجتماعية والتعامل المالي هي بالتأكيد نتائج هذه العودة من الرياضيات. وإذا كانت النماذج الرياضية المالية تعمل اليوم بصورة جيدة فذلك لأن قواعد اللعبة وضعت بصورة تجعلها تعمل جيدًا. ومع شبكة الإنترنت والبورصة اللتين تعملان بصورة دائمة على سطح الكرة الأرضية، تم تعديل قواعد اللعبة بصورة تجعلها تطيع نموذجًا رياضيًا معينًا، ويتفق الفاعلون الماليون على أن اللعبة تُلعب بعدد معين من القواعد.



أحد موضوعات الرياضيات أيضا هو شرح هذا النظام نفسه وضمن أدائه وفعاليته. وهذا يحيلنا إلى دور البراهين التي يسعى البعض إلى اختزال الرياضيات فيها. وفيما يخصني فإنني أعتقد أن البراهين تلعب دورًا أساسيًا - فلا رياضيات بلا برهان - ولكن البراهين تلعب دورًا يشبه إلى حد ما دور الضامن.

وأحد خصائص التفكير الرياضي هو العناد.

ابتداء من اللحظة التي سمحت فيها لنفسى بعمل شيء ما، يمكن أن أكرره، إلى ما لا نهاية، وأكثر أشكال التكرار بساطة هو توليد الأعداد: ١، ١+١=٢، ١+٢=٣.. إلخ..، إن إمكانية التكرار مع الإصرار على نفس المسيرة أو نفس التفكير، وقد عبر عنها ديكارت بقوة، هي أساس التفكير الرياضي. ولكن هناك ثمة ينبغي دفعه: ينبغي أن نكون متأكدين أننا لن نصل إلى ضرب من ضروب العبث أو التناقض. لأن الرياضى لا يريد أن يعلن سوى حقائق مؤكدة. إذا كان تراكم نفس العملية، فيما وراء كل أفق يمكن التفكير فيه، يتكرر بصورة لا تنتهى، يؤدي إلى تناقضات، فسوف يكون أمرًا يستحق الرثاء. وكان عمل المنطقة هو محاولة البرهنة المسبقة على أن هذا لا يمكن أن يحدث، ولكن النجاح لم يكن كليًا. لقد بدأنا اليوم نعى أن هذا الهوس بعدم التناقض بوصفه ضامنًا للدقة ليس بالضرورة شيئًا جيدًا.

عندما نكتب عقد تأمين، فإن ما نريده هو أن يؤمن عقد التأمين في حالات الكوارث، ونأمل ألا تأتي الكوارث غالبًا؛ ولكن نأمل أن يكون التأمين موجودًا لإزالة آثارها. إذا كان يمكن لنظام من التفكير الرياضى، من حيث المبدأ، أن يؤدي إلى تناقض، ولكن هذا التناقض معقد لدرجة أن لا أحد، لأسباب تتعلق بحدود فيزيائية، يستطيع أن يعرضه فإنه يكون وكأنه غير موجود.

وفى أيامنا هذه، نتجه تدريجيًا نحو نظريات تتجاوز التماسك *paraconsistentes*، والتي لا نحاول فيها أن نبرهن أنه لن يوجد أبدًا تناقض، ونرى أنه يكفي أن ندفعه إلى ما وراء كل أفق يمكن توقعه.

العالم الذى تنظمه الرياضيات هو إذن عالم نسعى فيه إلى تخفيض نصيب المصادفات. كل النظام النقدى، والضمان الاجتماعى، والذى هو رياضى بصورة بالغة فى تصميمه، قد أنشئ فعلاً لتخفيض المصادفات. هناك مناطق واسعة من الرياضيات مخصصة بالفعل للتحكم فى المصادفات، وإظهار، إن كان ممكناً، نظام خفى فى فوضى ظاهرة. واليوم توجد نظريات رياضية كثيرة، عرفت كل واحدة منها فترة من فترات المجد: الكسوريات fractales، الفوضى chaos، والترددات الموجية ondelettes الكوارث catastrophes، تدور حول نفس الفكرة. ونحاول، فى أشكال لم تأخذ حتى ذلك الوقت صورة رياضية، لأن تعقيدها بدا متحدياً للأنظمة الرياضى، أن نجد فيها نظاماً خفياً ثم نعزله ونحكم فيه. إن أحد المهام العظيمة للرياضيات هى محاولة تخفيض هذه المصادفات.

من منظور بناء النظام، يكون التطور التاريخى للرياضيات، وصلاحيتها النظرية أو العملية، ودرجة اليقين التى تنتجها وأساسها ووحدها: كلها مشكلات تظهر فى صورة جديدة. وفى سنوات ١٩٠٠ حدث جدل كبير حول أسس الرياضيات ووحدها، التى حاول البعض رؤيتها من خلال نظام منطقى. الرسالة الكبيرة لبورباكي والنسبى هى إنسكلوبيديا الرياضيات لسنوات ١٩٤٠-١٩٨٠ انطلقت من مسلمة منطقية وحاولت أن تبني هرمًا يتم فيه توالد المفاهيم الرياضية المختلفة انطلاقاً من الأكثر تجريداً أو الأكثر عمومية وهى نظرية المجموعات. وكل شئ كان عليه أن يتحدد ببناء هرمى شديد الدقة.

وأنا لست متأكداً من أن هذه هى أفضل استعارة لتمثيل مجمل الرياضيات. إننى بالأحرى أنظر إلى الرياضيات فى صورة تشريح، كنظام حى، لا يوجد فيه مركز، ولكن شبكة، يتجاوب فيها أجزاء مختلفة كثيرة وتتفاعل. هذه الوحدة العضوية كانت ممكنة لأن نفس الأدوات الرياضية يمكن إعادة استخدامها فى تجسيات عديدة.

وهناك يكون المظهر الخارق للعادة: فى إعادة استخدام الأدوات الرياضية، وفى الآلية التى تولدها. أفضل صورة ترمز للرياضيات، هى الحياة العضوية.

المرجع:

- 1- Collette (J. P.) *Histoire des mathématiques*, Vuibert.

## التجربة فى العلوم النماذج والمحاكاة<sup>(٥)</sup>

بقلم: دانييل باروشيا

Daniel PARROCHIA

ترجمة: د. أنور مغيث

التجربة *expérience* مشتقة من الفعل اللاتينى *experiri*، ويعنى يقوم بمحاولة وقد أدخل الفعل *expérimenter* إلى الفرنسية فى القرن التاسع عشر مع جان دى مون Jean de Meung من أصل لاتينى *experimentare* "محاولة"، وترجع إلى القرن الرابع عشر. وفى بداية القرن السادس عشر ظهر فى الفرنسية صفة "تجريبى" ولكن فكرة التجريب نفسها بقيت غائبة من القواميس حتى عام ١٨٢٤. ومع عام ١٨٦٥ بظهور كتاب "مدخل إلى دراسة الطب التجريبى" لكلود برنار Claude Bernard وجد اللجوء إلى التجربة كل امتداده فى اللحظة نفسها التى نحاول فيها بجهد أن ننقل المنهج المنتصر للعلوم الطبيعية فى مجال علوم الحياة.

فالتجربة، التى كانت غير موجودة فى الفكر الإغريقى القديم والتى قلل من شأنها ديكارت، هيمنت على العلوم ابتداء من نيوتن، وأصبحت فى عصر كلود برنار أحد العوامل التى لا يمكن الاستغناء عنها فى علوم الطبيعة والحياة.

لحظة الذروة هذه هى فى الوقت نفسه لحظة تحول. ففي فيزياء القرن التاسع عشر، أصبح تحديد الموضوعات العلمية يمر ببناء نماذج نظرية تسمح بتناول

---

(٥) نص المحاضرة رقم ١٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٥ يناير ٢٠٠٠.

حقول جديدة على نفس القواعد الصورية. واليوم تؤدي المحاكاة المعلوماتية للاختبارات التجريبية إلى فقدان التجربة لطابعها العيني ويبدو أنه قد تحددت إقامتها جزئيًا في الإطار النظري. ما هي إذن حدود هذا الوضع الجديد؟ هذا ما نحاول البحث عن تحديده.

### القصور التجريبى للعلم من الفكر الإغريقى إلى العصر الكلاسيكى

فى الفكر الإغريقى وتحت تأثير أفلاطون، تم التقليل من شأن التجربة واختزالها إلى مجرد الملاحظة العرضية، والتي لا قيمة إثباتية لها. وتميز محاوره ثييتيوس Théétète (فقرة ١٦٣) بعناية بين الإدراك والمعرفة. فالمعرفة تقوم على الذاكرة وتطلق آليات الاجترار التي قدمتها محاوره مينون Ménon فيما قبل على أنها مدعمة للعقلانية.

بل إن أرسطو نفسه لم يكن لديه لا فكرة عن نقد الإدراك الحسى العادى ولا الشعور بالأهمية التي يكتسبها بالنسبة للعلم وجود مقياس دقيق. وبالتأكيد، تبين رسائله فى علم الأحياء أنه كان يمارس تشريح الحيوانات. وكتابه الطبيعة (الجزء الثانى، الفصل الرابع) وكذلك كتابه رسالة فى السماء (الجزء الثانى ١٣ فقرة ٢٩٤) يحتويان على بعض التجارب ولكنها تبقى مع ذلك قليلة ومحدودة. كما يلاحظ جان مارى لوبلون Jean Marie Leblond: "لم يكن أرسطو يمتلك أدوات متقنة ودقيقة بما فيه الكفاية، من أجل أن يكون العمل فى المختبر مثمرًا بالنسبة له." و"ميله الواضح إلى ملاحظة الحس المشترك كان يبعده عن ذلك".

علينا إذن أن نلاحظ أن الفيلسوفين الكبيرين فى الفكر الإغريقى لم يعرفا فى الواقع لا منهج تجريبى ولا نماذج ولا عمليات محاكاة.

فى القرن السابع عشر ومن المنظور المعادى لأرسطو الخاص بديكارت تم الإقلال من قيمة ما هو حسى والإقرار بطريق الرياضيات الاستنباطية من أجل فيزياء كمية قائمة على العقل. فى كتاب ديكارت رسالة عن العالم وفى بداية كتابه

رسالة عن الإنسان تم تقديم هذا الاستتباط على أنه بناء لعالم خيالي مشابه للعالم الحقيقي يكون فيه البشر والأجسام والأشياء آلات أوتوماتيكية تحاكي البشر والأجسام والأشياء الواقعية. مع "حكاية العالم" هذه يبني الفيلسوف عن الواقع إذن نموذجًا مصغراً نظرياً *maquette* نوع من النموذج *model* من كلمة *Modulus* باللاتينية وتعنى قالبًا.

في هذا المنظور الاستتباطي لا تلعب التجربة سوى دور جد محدود كما يشير إلى ذلك كتاب "مقال عن المنهج":

"إن ضرورة التجارب تتناسب طردياً مع تقدم المعارف. في البداية كانت التجارب تجري بكثير من الحذر حتى أن ديكارت كان يحصرها في الحدوس المباشرة ويرفض التجارب الأكثر تبلوراً، مقدماً في هذا الصدد تفسيرين: من جانب، استحالة أن يعزو لها سبباً عندما نجهل المبادئ الكبرى، ومن جانب آخر، السمة العرضية والمتغيرة للسياق التجريبي.

عندما تتقدم المعرفة تصبح التجربة بالتأكيد ضرورية ولكنها تقوم على وجه خاص بدور مساعد وتسمح أساساً بإخفاء حدود النظرية المجردة. وأسباب هذه الوظيفة متعددة.

\* السبب الأول مرتبط بالفجوة الكبيرة الموجودة بين قوة الاستتباط الرياضي، الذي يتعلق بالممكن ويحيط بغير المحدد (إن لم يكن باللانهاية)، والواقع المتناهي دائماً والمحدود بالعالم الموجود. يكتب ديكارت "عندما أردت النزول [إلى الأشياء] الخاصة جداً ظهرت لي متنوعة لدرجة أنني لم أتصور أنه من الممكن للعقل الإنساني أن يميز صور الأجسام أو أنواعها التي هي على الأرض لا نهاية لها عن صور أخرى كان يمكن أن تكون لو شاء الله لها أن توجد". من الناحية الموضوعية يفترض التمييز بين الواقعي والممكن إذن لجوءاً إلى التجارب. ولكن من الناحية الذاتية يفترض ربط هدف العلم بتحصيل السعادة أن نفضل من بين الوقائع المستنتجة الممكنة تلك التي تكون مجدية بالنسبة لنا. والحال هذه فلكي نميز

بين الأشياء الممكنة، تلك التى، كما يقول ديكارت: "يمكن أن نقرنها باستخدامنا"،  
يجدر بنا "أن نقدم النتائج على الأسباب وأن نستفيد من كثير من التجارب الخاصة".

\* السبب الثانى يجعل التجارب أكثر ضرورية كلما تقدمت المعرفة. التى  
تكمّن، هذه المرة، فى الفجوة بين قدرة الطبيعة وبساطة المبادئ الموضوعية على  
رأس الاستتباط. يقول ديكارت: "ينبغي أيضا أن أعترف أن قوة الطبيعة كبيرة  
وممتدة وأن هذه المبادئ بسيطة جدا وعامة جدا لدرجة أننى لا ألاحظ أن أى أثر  
مهما كان خاصًا لا أعرف من البدء أنه يمكن أن يكون مستتجًا بصور شتى،  
والصعوبة الكبرى التى ألقاها هى فى العادة أن أجد على أى صورة من هذه  
الصور يستند هذا الأثر". هنا التفسير تركيبى: فحين يكون عدد طرق الاستدلال  
الممكنة أكبر من عدد طرق الاستدلال الدقيقة فإن على التجارب أن تتدخل. فهى  
فى النهاية، بالنسبة لديكارت "المرسل" الذى يسمح بالانطلاق بين أزواج من الطرق  
الاستتباطية الممكنة والتى واحد فيها فقط واقعى. فى المحصلة تلعب التجربة دورًا  
ثلاثيًا: سد الفجوة بين الممكن والواقعى: الفصل بين المجدى وغير المجدى وتبسيط  
شبكة الاستتباطات الممكنة فتضفى بذلك على السلسلة الاستتباطية نوعًا من  
"الاستقرار الانتقائى". النظرية المترددة والمتشعبة افتراضيًا تصبح عندئذ مقتصرة  
على بعض الطرق الاستتباطية المفضلة.

هذه المنهجية من شأنها أن تقابل مشكلات كثيرة. موبيرتيوس Maupertius  
فى القرن التالى أثبت عدم ترتب النتائج بالضرورة (الأطروحة المستحيلة عن  
الدوامات) ولكن قوض نيوتن الصرح الديكارتي الذى اهتزت دعائمه أصلاً بسبب  
انتقادات ليبنتز Leibniz ومالبراناش Malebranche وهوجنز Huygens. علم  
مؤسس على وقائع مجربة وليس على مبادئ مجردة سوف يحل محل الاستتباط  
الديكارتي. ما الذى صار إليه إذن مفهوم التجربة بعد حدوث هذا المنعطف الكبير؟

## باتجاه النموذج والمحاكاة

منذ نهاية القرن السابع عشر، وتحت تأثير الفلسفة التجريبية لـ Locke الذى رد الاعتبار للحس وجعله شرطاً لكل أفكارنا، توقف التركيب الهندسى عن أن يكون المثال الأعلى لكل معرفة. وتركت صورة المعرفة النموذج الإرشادى الافتراضى الاستنباطى من أجل مسيرة تحليلية وتوليدية تجميعية وتوفيقية. وتعمل ميكانيكا نيوتن فى هذا السياق حيث لا يكون المهم هو اختلاق افتراضات وتكون الوقائع التى اتخذت صبغة رياضية هى صاحبة الأمر والنهى. ويعلن نيوتن، فى بداية الكتاب الثالث للمبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية، أربع قواعد تشكل، حتى آخر القرن التاسع عشر، المنهج التجريبي فى الفيزياء وتكشف هذه القواعد عن معارضة كاملة لديكارت:

- "أسباب ما هو طبيعى لا ينبغى إقرارها بعدد أكبر من الأسباب الحقيقية أو أكبر من تلك التى تكفى لتفسير ما هو طبيعى". لا ينبغى إذن أن يكون لدينا أسباب تفسيرية أكثر من اللازم. إنه نهاية تصور كان الممكن فيه أكثر قوة من الواقعى.

- ينبغى، فى المقام الثانى، "عزو نفس الأسباب لنفس النتائج الطبيعية التى من نفس النوع". بعبارة أخرى، استحالة رد نفس النتائج إلى سلاسل مسببة مختلفة. فالنظرية لا يمكنها ولا ينبغى لها أن تحتوى على تشعب.

- الأجسام التى تُجرى عليها التجارب تمثل مجموعة فرعية شاهدة وثابتة بشكل كاف من أجل أن تستخدم كأساس استقرائى: "خصائص الأجسام التى لا يمكن زيادتها ولا تخفيضها والتى تنتمى للأجسام التى يمكن إجراء تجارب عليها ينبغى أن نعدّها خصائص لجميع الأجسام بشكل عام". ونيوتن، الذى يمد بذور تعاليم التجربة، بدأه على الاستناد إلى الوقائع يرى مع ذلك، ألا يجب علينا أن نصوغ أحلاماً عكس مسار التجارب، أيًا كانت الظروف. ففىما يتعلق بالأجسام، فإن نيوتن يعول على مفهوم قوة القصور الذاتى بدلاً من مفهوم عدم التأثر الأكثر غموضاً.



القاعدة الرابعة تحدد المعنى التجريبي لمنهجية: القضايا المتجمعة بواسطة الاستقراء ابتداء من الظواهر ينبغي عدها حقيقة طالما أن الفرضيات العكسية لا تمثل عائقاً بالنسبة لها، أو طالما أنت ظواهر أخرى تجعلها أكثر تحديداً أو تحررها من الاستثناءات التي يمكن أن تتضمنها. وطالما أن الظواهر تسمح به. التجربة بوصفها ملاحظة وملاحظة مستثارة، أي بوصفها تجريباً، تصبح القاعدة الأسمى للفلسفة الطبيعية.

ما الذي أدى حينئذ بالعلم إلى توجيه المنهج التجريبي، من جديد، في الاتجاهين اللذين سبق إليهما ديكارت: بناء النماذج وتنفيذ عمليات المحاكاة؟

في بداية القرن التاسع عشر

الميكانيكا النيوتونية تنحو إلى التركيب وتصف من الآن فصاعداً "أنظمة" فيزيائية

فكرة "النظام" دخلت إلى الفيزياء من خلال دراسة القوى والتوازن. ونظراً لأن نظاماً فيزيائياً سوف يتم وصفه بنظام من المعادلات الرياضية، فإن فكرة النموذج تكون قد اقتربت. وفي تلك الفترة انفتحت الفيزياء، علاوة على ذلك، على محاولات جديدة غير ميكانيكية (إستاتيكا كهربية، ديناميكا حرارية، كهرومغناطيسية) والتي تستكشفها ابتداء من مناهج للعلم المعروف، أي الميكانيكا. وهكذا تصبح الميكانيكا، التي هي نفسها منهجية، مخزناً للنماذج سواء كانت تركيبات عملية أم نماذج نظرية.

تتطور فكرة النموذج كقاعدة مجردة حينئذ في الفيزياء. النموذج هنا بسيط يوكل له الفيزيائيون وظيفة المعرفة، واختزال ما زال غامضاً إلى ما هو معروف سلفاً وخصوصاً في وجود حقول دراسة يُعد الوصول إليها صعباً.

وظيفة توكيل النموذج هذه تجعله يبدو كأداة للفهم العقلي ذي وظيفة ثلاثية:

- في عالم معقد ومنتشر في أقاليم متغايرة ومستويات مختلفة جداً يسمح النموذج المتكيف مع مستوى من التجربة الخاصة، أيضاً بإدماج المستويات الأدنى.

- بتحقيق النموذج لعملية اقتصاد (لأنه ينقل نفس المنهجية إلى حقل ثان) يختصر العلم من خلال الإضافة إليه ويسمح ذلك بأن يفعل أكثر من خلال ما هو أقل.

- يحيل الجديد إلى القديم فيبرر تصدير المناهج المعروفة في حقول غير معروفة. منذ النصف الثاني من القرن التاسع عشر، يستقر المنهج التجريبي في البيولوجيا والطب

يعد كلود برنار Claude Brenarad، بكتابه مدخل إلى دراسة الطب التجريبي، هو المنظر الأكبر لهذا التوسع. ولكن تعريفه للمنهج التجريبي يعد قاصراً. بالنسبة له، هذا المنهج "لايفعل شيئاً سوى أن يقدم حكماً على الوقائع التي تحيط بنا، بمساعدة معيار هو نفسه ليس سوى واقعة أخرى، مهياة بحيث تسمح بالسيطرة على الحكم وتتيح الخبرة". والحال أن تفتيت الخبرة في وقائع بسيطة والاعتقاد بأنه يمكننا الحكم على واقعة بواسطة أخرى سيتضح أنه غير كاف. فضلاً عن ذلك، تظل الملاحظة هي اللحظة الأولى للمنهج الذي ينادى به كلود برنار، حتى وإن حدد، من جهة أخرى، أن التجربة العلمية ليست ملاحظة سلبية وإنما استثارة، ويصر عن حق على فن البرهان التجريبي. في الواقع، الملاحظة في الحركة الدائرية التي تسم منهجها، هي مصدر الفكرة التي بمقتضاها يمكن تأسيس البرهان وتنفيذ تجارب، تصبح هي بدورها مصادر لأفكار جديدة ومستقرئة لدورة جديدة. والحال أن الواقعة التي يلاحظها كلود برنار هي واقعة مُجزأة. ليس فقط لأن المنهج العلمي يقتضى "تفتيت المجال التجريبي". ولكن لأنه من أوله إلى آخره تحليلي ويؤدي عن قصد إلى فك الوشائج بين الظواهر. "بمساعدة التجربة، نحلل ونفك هذه الظواهر من أجل اختزالها إلى علاقات وإلى شروط بسيطة أكثر فأكثر". ومن هنا جاءت نتيجتان:

- تقدم المعرفة سيرجع دوماً إلى قرارات كشفية أولية ذات سمة خفية. فيقول كلود برنار: "الاختيار المناسب لحيوان، أداة مبنية بصورة ما، واستخدام كاشف بدلاً من آخر يكفي غالباً لحل الأسئلة العامة الأكثر أهمية".

- امتياز التحليل وأولية الوقائع التي تحيل في العمق إلى أبستمولوجيا ديكارتية تمنع الإمساك بالعلاقات الجدلية بين الظواهر. فيلاحظ برنار في نهاية مدخله عن التفكير التجريبي، "مما سبق ينتج أنه، إذا بدت ظاهرة في تجربة، بمظهر متناقض تمامًا لدرجة أنها لا ترتبط بصورة ضرورية بشروط وجود محددة، على العقل أن يلفظ الظاهرة بوصفها غير علمية".

ولكن هنا، يكون كلود برنار منظر المنهج التجريبي متأخرًا عن كلود برنار الذي يمارس الفسيولوجيا، ومنظر آليات الضبط ومؤسس مفهوم الوسط الداخلي. ففي معرض نقده للتشريح *anatomie*، كان يلاحظ استحالة أن نستنتج من فحص تشريحي معارف أخرى ذات مستوى وظيفي غير تلك التي استعرناها منه: والحال أن من بين المعارف المستعارة بواسطة علماء التشريح، أشار إلى حضور نماذج عينية: فقد كتب "عندما قيل، من باب المقارنة، أن المثانة هي مخزن يُستخدم في احتواء السوائل، وأن العظام والمفاصل تمثل صقالات للبناء وروابط ورافعة، إلخ"، "قاربنا بين صور متماثلة، واستنتجنا استخدامات متشابهة". وكانجيلم Canguilhem الذي يستشهد بهذا النص في دراسته لتاريخ العلوم، يلاحظ مع ذلك أن كلمة "نموذج" هنا غير مستخدمة.

ولكن ما يهمله كلود برنار المُنظر يتأكد مع الوقت أنه ضروري لفهم آليات الضبط التي أبرزها هو نفسه بوصفه مجربًا. وبمقدار ما تتقدم البيولوجيا والطب، تفرض خاصية تداخل الروابط بين ظواهر الحياة أخذ الوقائع المركبة في الحسبان، وأحيانًا تكون هي في ذاتها متناقضة أو، على أي حال، متعارضة. حينئذ لم يعد الأمر يتعلق ببساطة بنماذج عينية، أيقونية، ومشابهة سنحتاج إليها. ولكن سيتعلق الأمر، كما في الفيزياء، بنماذج رياضية أصيلة.

ومع السيبرنطيقا العائدة إلى فاينر N. Wiener ثم نظرية الأنظمة لبرتالانفي Bertalanffy سيتطور هذا الضرب من التناول، وسوف تستخدمه البيولوجيا على مستويات مختلفة، بشكل كبير.

على مستوى الخلية، تمكن مونو Monod و جاكوب Jacob و لوفوف lwoff من وصف ظواهر التحول مفترضين وجود آلية سيبرنطيقية. تتضمن الفعل المزدوج للمُحَثِّ والكابح. كذلك الأمر على مستوى آليات الهرمونات، حيث أمكن اقتراح نماذج لتفسير ضروب الضبط المتقاطعة والأفعال المزدوجة للمحاور الهرمونية المتعارضة مثل المحاور ما قبل النخامية واللاحقة عليها، وأفعال محفزة للمحور ذى الخلل الموجود مقترناً بأفعال قامعة للمحور السائد.

فى هذين المثالين، هناك مواقف جدلية معقدة لا تصبح معقولة إلا من خلال تقديم نموذج. وأخيراً وعلى مستوى أكثر عمومية بكثير، فرض الفكر الخاص بعلم البيئة، منذ سنوات ١٩٣٠ إدخال مفاهيم النظام البيئى، والشبكة الغذائية، بناء نماذج للإمساك بوقائع طبيعية معقدة ومتداخلة، ولاسيما سلوك الأحياء فى علاقته بالوسط الحيوى وغير الحيوى. وهكذا فرضت صياغة النماذج نفسها على البيولوجيا والطب وعلم البيئة ضد أفكار كلود برنار.

### العلاقة بين صياغة النماذج والمحاكاة

إذا كانت صياغة نموذج، تعنى توكيل وظيفة المعرفة من أجل تمثيل الواقع بصورة هى فى آن اقتصادية وموثوق بها، فإنه يظل من الواجب التأكد من أن النموذج يحتفظ برباط مع التجربة. وهذه مهمة المحاكاة، وهو مفهوم كان له قديماً دلالات ضمنية سلبية، وخصصها أفلاطون فى محاوره الجمهورية (الفصل السادس، فقرة ٥١١) لنمط من المعرفة المتدنية، وهى معرفة الصور، وهى الدرجة الأدنى من الواقع فى رأيه. ومن خلال جارسيان Garcian و ديدرو Diderot ثم نيتشه Nietzsche انطلق تدريجياً انقلاب يرد الاعتبار إلى الاصطناع ويسمح اليوم بعمل "مديح للمحاكاة"، تلك القدرة على إعادة الإنتاج بصورة عديدة، والتوليد بصورة تشكيلية مصورة لمواقف، وحلقات، ومسارات مشابهة للمسارات الواقعية.

## صياغة النماذج والمحاكاة

وطبقاً لرأى إتيان جويون Etienne Guyon، يظل كل من صياغة النماذج، والمحاكاة مسارين متميزين. تحتفظ صياغة النماذج، بحسب أدواتها، بارتفاع أكثر عن الواقع من المحاكاة. إن شروط المحاكاة المطلقة لا تتم مراعاتها بما أن النموذج، يعمل على تبسيط الظاهرة فلا يستبقى سوى المتغيرات الأكثر جوهرية. وهذا يمثل نوعاً من التقريب، لكنه يكفي في الغالب للنجاح. وبالنظر إلى هذه الصياغة للنماذج، تبدو المحاكاة تناولاً أكثر تكلفة لأنه يدعونا إلى الاحتفاظ بكل معاملات المشكلة الأولية. وطبقاً لرأى جويون، يضع محاكى الطيران أو قيادة السيارات السائق في ظروف مشابهة تماماً لتلك التى عليه مواجهتها فى الواقع. ولكن هذا الشعور خادع لأن المحاكى هو نموذج مصغر، وتبسيط للواقع مقتصر على وظيفة قيادة تقوم على نظام روافع هيدروليكية. المحاكاة تفترض إذن صياغة النماذج: وتلعب على كون أنه من وجهة نظر التمثيل الإنسانى نفس النتيجة يمكن أن تنتج بصورة مختلفة وخصوصاً بطريقة أكثر اقتصاداً من غيرها. وبالتالي فإن المنهجين ينبغى النظر إليهما بوصفهما متكاملين أكثر منهما متعارضين.

## وظيفة المحاكاة

تحاول المحاكاة تنفيذ اختبارات وتجارب بدون خطر، ولكن تحاول أيضاً فى بعض فروع الفيزياء التطبيقية أن تتحى جانباً مواطن الخلل فى النظرية. وهكذا فى علم المناخ، حيث من المستحيل أن نعرف نظرياً سلوك الغلاف الجوى (نظام ديناميكى تطورى حساس للشروط الأولى) على المدى المتوسط والبعيد، نلجأ إلى صياغة النماذج والمحاكاة. وتحل برامج حسابية المعادلات بصورة متقاربة وكذلك دقيقة نظرياً تقترب مما نريد. وانطلاقاً من معرفة حالة الغلاف الجوى فى لحظة معينة يمكن نظرياً حساب تطورات هذا الغلاف الجوى وتقديم توقعات. هذا التناول يسمح علاوة على ذلك بالتجريب. والنموذج الرقمى يصبح مختبراً افتراضياً يمكننا

أن نختبر فيه افتراضات. على سبيل المثال يمكن أن نغير فيه بعض المعاملات (كمية الطاقة الشمسية المتلقاة، سرعة دوران الأرض..) لدراسة أثرها على المناخ. هذه النماذج الرقمية تسمح علاوة على ذلك بالارتقاء بالتوقع على المدى القصير عن طريق الإدخال الدورى فى النموذج لقيم قياس جديدة، وبتغيير المعامل الحسابى لهذه القيم بصورة تجعل وزنها أكثر أهمية من القياسات القديمة والتي كانت تؤدي إلى توقعات ضعيفة.

وحتى وإن ظل علم المناخ علمًا تعد النماذج فيه تقريبية فإن تقدم التغطية بالأقمار الصناعية ومناهج رقمية ومعلوماتية أخرى تسمح لعلماء المناخ بتصور أكثر دقة للشروط الأولية وبوضع حدود لتأثير الفوضى الحتمية والاضطراب. لقد تم إحراز تقدم لم يتوقف منذ النماذج الأولى والتي ترجع إلى سنوات ١٩٥٠.

يمكن لنا أن نشير أيضا إلى كثير من الأمثلة تسير فيها كل من صياغة النماذج والمحاكاة مقترنين، على سبيل المثال فى العلوم الإنسانية. فقد كان ليفى شتراوس Lévi-Strauss فى كتابه الفكر البرى قد شدد على أهمية فكرة "النموذج المصغر" فيما يخص الفكر الأسطورى الذى يقترح نوعًا من المجاز للعالم. وقد انتقلنا سريعًا من المجاز إلى النموذج فى مجالات مثل التحليل الفضائى فى الجغرافيا وأيضًا فى الديناميكا الاقتصادية وهى قطاعات تطورت داخلها بصورة هائلة صياغة النماذج والمحاكاة.

### السمة الخلاقة لهذا الزواج بين النماذج والمحاكاة

سوف نستخدم الذكاء الاصطناعى (IA) هنا كمثال. فالباحثون فى البدء عملوا على فهم طبيعة الذكاء فاقتصروا على إعادة بناء ضروب السلوك الذكية (وإعادة البناء ليست تفسيرًا). بل فى أغلب الأحيان اقتصروا على أن الحاسب الآلى يؤدي مهامًا يعد الإنسان حتى اليوم هو أفضل من يؤديها. يوجد إضعاف ثلاثى للمشروع الأساسى بما أن ذلك يعنى الاعتراف ليس فقط أننا لن نتمكن من معرفة طبيعة الذكاء وليس فقط أن الصورة الزائفة simulacre لن تغير النموذج أو

النسخة ولكن أيضا هذا التطور الذى يبشر بنوع من العودة إلى أفلاطون يبدأ من صياغة نماذج مستحيلة إلى محاكاة غير متقنة كان يمكنه عن حق أن يبدو تراجعاً مؤدياً للاغتراب. والحال أنه بحسب فيليب كو Quéau Philippe يبدو هذا الطريق على العكس مُحَرَّر.

- حيثما نكون، فى مجال الذكاء الاصطناعى كما هو الحال غالباً فى الفيزياء، هناك ضرورة أولاً لتشغيل النموذج لاختبار تماسكه الداخلى قبل الحكم بصلاحيته، وهذه الضرورة تؤدى أحياناً إلى تغذيته بمعطيات عشوائية. والحال أن هذا الابتعاد عن التجربة الواقعية يحمل فى داخله إبداعاً محتملاً. فى هذا التجريب غير المسبوق، يصبح النموذج، بحسب مسارات ربما تكون غير متوقعة، حساساً للإمكانيات الجديدة التى تقود إلى ما وراء ما هو معروف.

- فى حين يؤدى النموذج، بوصفه اختزالاً، إلى صورة معينة من التكثيف للتجربة، "تقتضى المحاكاة، بحسب فيليب كو، إزاحة وإعادة تركيب وتنظيم النموذج. "هذه الكلمات: تكثيف وإزاحة هى نفسها التى وصف بها فرويد Freud منطق اللاوعى الذى هو أيضاً منطق الحلم. ويستنتج من ذلك فيليب كو أن المحاكى، الذى يكتف ويختزل ينتج إذن حلمًا صوريًا، محررًا من قيود التجربة الحسية التى تقدمها لنا فى العادة الأجهزة والأدوات.

أحد التطبيقات المعروفة هو الصورة التركيبية التى يبدو فيها خلق عوالم افتراضية من الأقاليم النباتية والحيوانية المخترعة ولكن القابلة للتصديق رياضياً - "حياة اصطناعية" كاملة - ممتدًا بالواقع إلى عالم أكثر ثراء ويبدو أنه ليس إلا أحد ممكناته. النموذج الذى يكتف الواقع يقود، بفضل المحاكى، إلى تضخيم نظرى لهذا الواقع. ألا تقبل هذه النتيجة أى حد يحدها؟

إذا كان من الحقيقى أن المحاكاة المعلوماتية قبل التجربة تفقد عينيتها وتميل إلى وضعها فى داخل ما هو نظرى، فإن السؤال الذى يطرح نفسه هو معرفة ما إذا كان المنعطف الجديد يؤدى بنا أم لا إلى نقطة البداية. وقد علمنا بأشلال

Bachelard أن العقلانية ينبغي تطبيقها. ولكن يبدو أن صياغة النموذج والمحاكاة تستغنى عن التطبيق الواقعي. فهل تصبح العقلانية توهمًا؟ بالتأكيد تؤدي صياغة النموذج والمحاكاة بوصفها تكثيف وإزاحة، إلى تضخيم للتجربة ينتج عن هذا الاتساع الافتراضي للواقع، ويوضح جيل جاستون جرانجيه Gilles Gaston Granger، أن واقعًا تعاد صياغته وإثراؤه يمكن لنا أن نسميه ما فوق الواقع *surréal*. هذه "السيرالية" الخاصة بالعلم المعاصر ليست ناتجة إلا عن العقلانية المفرطة للنظريات العلمية الكبرى في القرن العشرين. التجربة والتطبيق ليسا مرفوضين بقدر ما هما مختزلان إلى دور المساعد الأدنى، حيث إن الرمزى من الناحية الاقتصادية يحل محل المادى.

ولكن هذا الاختزال - الإنابة لا يتم دون مخاطرة. أولاً من اللائق عدم الخلط بين الموضوعات وصورها، وبين المحاكاة والواقع. فمحاكاة حريق ما لا تحرق أحدًا، ومصادفات "الحياة على الشاشة" لا تولد أى معاناة. والأخطاء التى يمكن أن نرتكبها بهذه الأدوات، وكذلك صعوبة قبولها، تذكرنا بحدودها. بعض المحاكيات الرقمية مثل محاكاة الانفجارات النووية التى يبدو أنها تحل باطراد محل هذه التفجيرات، لا تستبعد تجارب واقعية مكلفة. علاوة على ذلك يمكن أيضا أن نتساءل عن أخطار التوجه نحو الافتراضية. تحول الانفجارات النووية باتجاه الافتراضية يميل إلى جعل القنبلة أمرًا شائعًا، وليس من الأكيد أننا سنربح من ذلك شيئًا كثيرًا.

لا تؤدي كل ضروب المحاكاة إلى نفس الأخطار. ولكن الخبرة العلمية الحديثة، النمذجة والمحاكاة لا يمكنها أن تلغى اللجوء إلى التجربة الواقعية. تستفز المحاكاة الحديثة عوالمًا افتراضية يمكن لمنطقها، المرتبط أحيانًا بالحلم، أن يكون منطق كابوس إذا انفصلت تمامًا عن التجربة الحسية وإذا حلت المادة الرمزية بصورة نهائية محل المادة الواقعية. ولكننا لم نصل بعد إلى هذا الحد، واللجوء إلى ما هو حسى، وإلى البنى التحتية المادية وإلى التكاليف الواقعية يضعنا بصورة دورية رغم التنامى السيريالى المتزايد الذى خلقناه، فى منظور للعقلانية التطبيقية.



1. LEBLOND (J.-M.), *Logique et méthode chez Aristote*, Paris, Vrin, 1970, 2<sup>e</sup> ed., p. 235.
2. DESCARTES, *Discours de la méthode*, 6<sup>e</sup> partie, « Choses requises pour aller plus avant en la recherche de la nature », *Œuvres*, Paris, Gallimard, 1951, p. 169-170.
3. NEWTON, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, trad. fr. Paris, Bourgois, 1985, p. 76 et suiv.
4. NEWTON, *op.cit.*, p. 77.
5. LAGRANGE, *Mécanique analytique*, 1<sup>re</sup> éd. p. 25 ; Blanchard, p. 27 et 40. Cf. Bailhache P., *Louis Poincaré, la théorie générale de l'équilibre et du mouvement des systèmes*, Paris, Vrin, 1975, p. 127-132.
6. BACHELARD (S.), « Quelques remarques épistémologiques sur la notion de modèle », *Colloque Élaboration et justification des modèles*, Maloine-Dion, 1979, t. 1, p. 3.
7. BERNARD (C.), *Introduction à l'étude de la méthode expérimentale*, Paris, Garnier-Flammarion, 1966, p. 41.
8. BERNARD (C.), *op. cit.*, p. 55.
9. BERNARD (C.), *op. cit.*, p. 89.
10. BERNARD (C.), *op. cit.*, p. 90.
11. BERNARD (C.), *Leçons de physiologie expérimentale appliquées à la médecine*, Paris, 1856, t. 2, p. 6.
12. CANGUILHEM (G.), « Modèles et analogies dans la découverte en biologie », *Études d'histoire des sciences*, Paris, Vrin, 1975, p. 308.
13. MONOD (J.), *Le Hasard et la nécessité*, (1970), Paris, Point-Seuil, 1973, p. 85 et suiv.
14. BERNHARD-WEIL (E.), *L'Arc et la corde*, Paris, Maloine-Doin, 1975, p. 14-15.
15. PARROCHIA (D.), *Philosophie des réseaux*, PUF, 1993 ; voir aussi ACOT (P.), *Histoire de l'écologie*, PUF, 1988.
16. GUYON (E.) , « Modélisation et expérimentation », in G. Cohen-Tannoudji, *Virtualité et réalité dans les sciences*, Paris, Éd. Frontières, 1995, p. 95-118.
17. QUÉAU (Ph.), *Éloge de la simulation*, Seyssel, Champ Vallon, 1986, p. 161.
18. GRANGER (G.G.), *Le probable, le possible et le virtuel*, Paris, Odile Jacob, 1995, p. 9.

**نظرية التطور**  
**ماذا تعنى الداروينية اليوم؟<sup>(٦)</sup>**  
بقلم: جان جايون  
Jean GAYON

ترجمة: د. أنور مغيث

ترجع فكرة تحول الأنواع خلال تعاقب العصور الجيولوجية إلى نهاية القرن الثامن عشر. ويذكر عن حق اسم لامارك Lamarck بوصفه مرحلة أساسية في مسار نضج الفكر، رغم أنه ليس من الممكن الحديث عن نظرية للتطور قبل داروين. وإذا كان الكتاب الذي نشره داروين Darwin تحت عنوان: أصل الأنواع عام ١٨٥٩ قد أثر في العقول إلى هذه الدرجة فذلك لأن هذا الكتاب كان مخصصاً بأكمله، أي في ٤٩٠ صفحة، لتقديم نظرية متماسكة لتبرير فكرة أن الأنواع تتحدر بعضها عن البعض من خلال تعديلات، وتفسير المسارات المستمرة بلا نهاية لتغير الأنواع بواسطة فرضية كان داروين يسميها "الانتخاب الطبيعي".

وبعد داروين تم تقديم نظريات عديدة منافسة. ولكن من الواضح أن مصير نظرية التطور بقي مقترناً باسم داروين أكثر من أي عالم آخر. ويشهد على ذلك الأهمية الاستثنائية، في كل الجدل عن التطور في نهاية القرن التاسع عشر وكل القرن العشرين، لكلمة "الداروينية". إن المتخصصين في التطور يمكنهم بلا شك اليوم الاستغناء عن كل إحالة إلى داروين. ومع ذلك لا يفعلون هذا، لا في مناقشاتهم العلمية ولا أمام الجمهور. ولا يسعنا إلا الاندهاش من الإصلاح الذي

---

(٦) نص المحاضرة رقم ١٦ التي أقيمت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٦ يناير ٢٠٠٠.

صيغت من خلاله المجادلات العامة الأخيرة عن التطور وتم تقييمها من خلال لغة ترجع صراحة إلى مؤلف أصل الأنواع. وبوجه خاص منذ منتصف سنوات ١٩٧٠ رأينا ازدهار أدبيات مهمة حول بدائل ممكنة "لداروينية الجديدة"، وأدبيات أخرى مقترنة بها، ليست أقل استفاضة، عن حيوية الداروينية.

هذه الإحالة الدؤوبة لمجال علمي مستقر إلى فرد واحد تمثل وضعاً في غاية الاستثنائية في تاريخ العلوم المعاصرة. وأقترح توضيح معنى هذه الإحالة. ماذا يعنى اليوم بالنسبة لباحث بيولوجي في التطور أن يسمى نفسه "داروينياً" أو "غير دارويني"؟ وبالإجابة بدقة على هذا السؤال آمل في المساهمة، كفيلسوف، في فهم أفضل للحالة الراهنة لنظرية التطور وما يعنى، بالتحديد، أن تكون "نظرية". سوف أبين بوجه خاص أن الانتقادات الحديثة للداروينية يمكن تصنيفها في فئتين كبيرتين، أصوغهما انطلاقاً من تأمل فلسفي عفوي لداروين نفسه حول موقع مبدأ الانتخاب الطبيعي.

### معايير التقييم

الداروينية هي تراث في البحث، وبوصفها كذلك، لا يمكن أن تكون مطابقة لفكر داروين منظوراً إليه ككتلة واحدة. فهناك الكثير من أفكار داروين لا علاقة لها بما نعينه اليوم بالداروينية. على سبيل المثال النظرية الداروينية في الوراثة أو نظرية "النشوء الكلي" pangenèse تتضمن الصورة الأكثر جذرية لوراثة الخصائص المكتسبة التي تم تقديمها حتى الآن. وهذه النظرية ليست "داروينية" إلا بمعنى أن داروين قد دافع عنها. ولكن لا علاقة لها الآن بالجدل الدائر حول صلاحية ما نطلق عليه بشكل شائع "الداروينية" في نظرية التطور.

لكي نفهم معنى رجوع التطوريين إلى داروين من المناسب أن نبني فرضية عن طبيعة العلاقة بين النموذج "داروين" والنسخة "الداروينية". وهي ما يقوم به، على وجه تقريبي كل تطوري يستخدم الصفة "دارويني" أو "غير دارويني". ومع ذلك أعتقد أنه بإمكاننا إدخال المزيد من الدقة في الموضوع بأكثر مما نفعل عادة،

وأنه ليس من الشطط استكشاف الفرضية التي ترى أن هناك استمرارية ما بين بعض عناصر الفكر التطوري لداروين والداروينية بالأمس واليوم. وعلى خلاف أغلبية العلماء فى نهاية القرن التاسع عشر الذين لم يعد يقرأهم أى عالم اليوم إلا إذا كان مهتمًا بتاريخ العلم نجد داروين يعاد نشره باستمرار وتعاد قراءته طوال القرن العشرين من قبل كثير من البيولوجيين. وبالتالي ليس من التجاوز أن نتصور أن هناك علاقة سببية موضوعية بين النص الداروينى و"الداروينية". يمكن للتأملات العفوية لداروين حول الوضع الفلسفى لمبدأ الانتخاب الطبيعى أن تعيننا على إدراك طبيعة هذه العلاقة. لقد استخدم داروين ثلاثة مصطلحات تساعدنا من أجل توصيف الوضع الفلسفى للانتخاب الطبيعى. "فرضية"، "نظرية"، "قدرة pouvoir". أول مصطلحين يتعلقان بتبرير الانتخاب الطبيعى. الثالث يأتى فى سياقات مختلفة، ويتعلق بالدالة السببية للانتخاب الطبيعى.

التمييز بين "الفرضية" و"النظرية" فى الانتخاب الطبيعى يمكن التعبير عنه فى كتاب "تنوع الحيوانات والنباتات تحت فعل الاستئناس" (١٨٦٨) حيث يجهد عالم التاريخ الطبيعى نفسه من أجل الإجابة على العلماء والفلاسفة الذين شكوا فى علمية المسيرة الداروينية فى أصل الأنواع: "فى البحث العلمى، من المباح اختراع فرضية ما؛ فإذا قامت بتفسير طبقات كبرى من الوقائع المستقلة فإننا نرفعها إلى مستوى النظرية المستقرة".

يمكن أن نتصور مبدأ الانتخاب الطبيعى بوصفه مجرد فرضية جُعِلت مع ذلك محتملة بسبب ما نعرفه إيجابيًا عن تنوع الكائنات العضوية فى حالة الطبيعة وعن الكفاح من أجل الوجود، والحفظ، الذى لا مفر منه إلى حد كبير والمترتب على ذلك للتنوعات الحيوية، والتكوين الموازى للأنواع المستأنسة.

والحال أن هذه الفرضية يمكن اختبارها. وهذا فى رأى الطريقة الوحيدة الشريفة والشرعية لتناول المسألة فى مجملها - بفحص ما إذا كانت تفسر كثير من الطبقات الكبرى للوقائع المستقلة، مثل التوالى الجيولوجى للكائنات العضوية،

وتوزيعها في الأزمنة الماضية والحاضرة، وتوافقها المتبادل وتشابهها. إذا كان مبدأ الانتخاب الطبيعي يفسر جيداً هذه المجموعات الكبرى من الوقائع للزم إذن قبوله.

ينبغي الإشارة إلى الدقة الفلسفية لهذه الأقوال. لقد كان داروين مطلعاً على المفردات الفنية لما بدأ البعض في تسميته في ذلك الوقت "فلسفة العلوم"، وبوجه خاص فلسفة العلوم الاستقرائية. هذه المفردات تسمح له بتقديم البنية الحجاجية لأصل الأنواع بوضوح بالغ وهو ما لم يرق به في الكتاب الصادر عام ١٨٥٩.

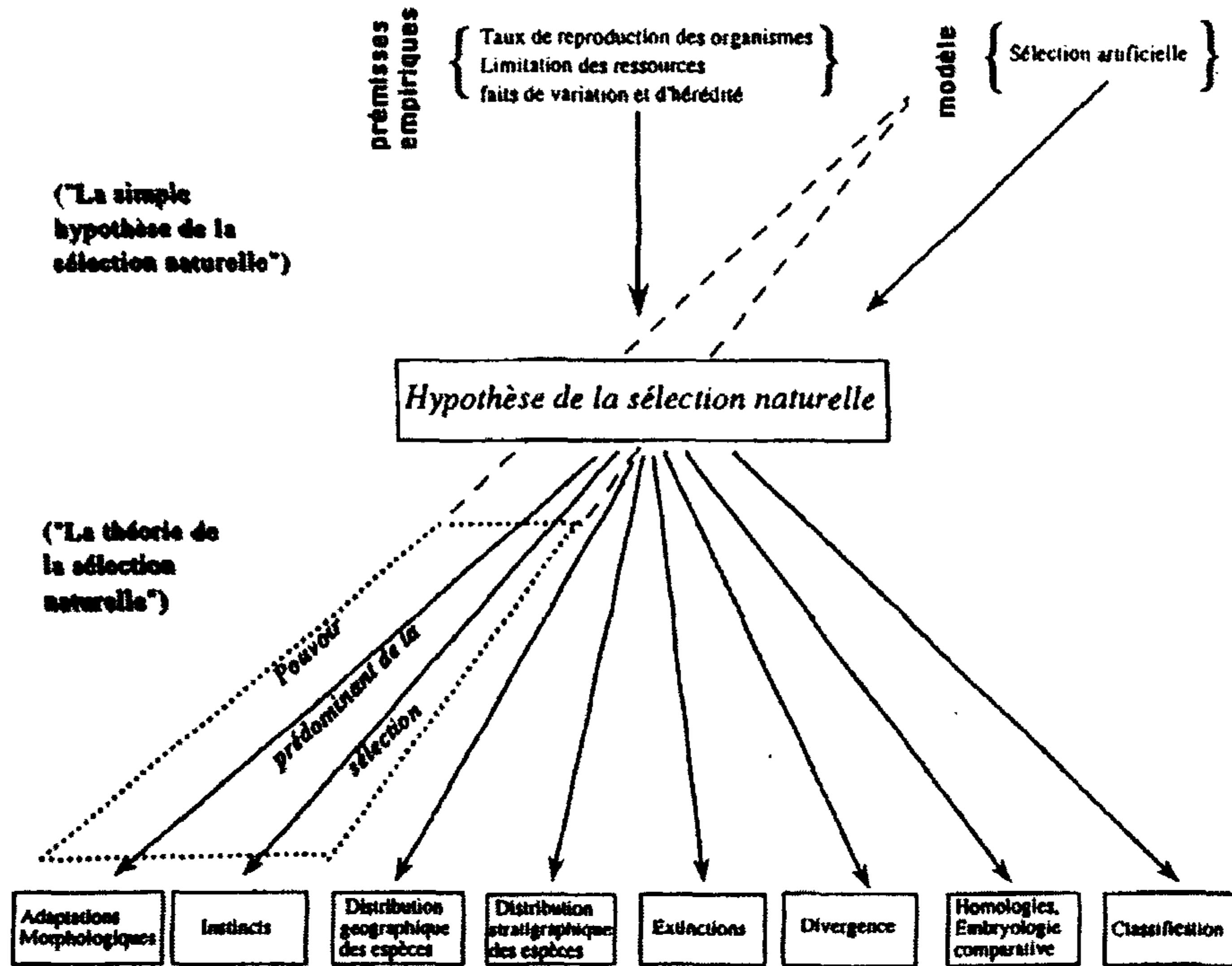
عندما يتحدث داروين عن الانتخاب الطبيعي بوصفه "مجرد فرضية" جعلت محتملة بسبب بعض طبقات الوقائع، فإنه كان يفكر في الفصول الخمسة الأولى من أصل الأنواع، والتي يقدم فيها الانتخاب الطبيعي كخلاصة لتفكير مؤسس على سلسلة من المقدمات لها قيمة التعميمات العينية (معدل إعادة إنتاج الكائنات الحية، حدود الموارد، وقائع التنوع والوراثة). وكذلك ينبغي ذكر التلميح إلى "التكوين الموازي للأجناس المستأنسة". وهذه القضية الأخيرة ليست بالمعنى الدقيق مقدمة للحجة التي أشرنا للتو إليها؛ للانتخاب الاصطناعي قيمة النموذج التجريبي المناظر، وهو موجه لإقناع القارئ بفاعلية مسار الانتخاب في تعديل الأنواع.

"النظرية المستقرة" للانتخاب الطبيعي تحيل إلى النصف الثاني من أصل الأنواع (الفصول من ٧-١٢) حيث يلعب الانتخاب دور المبدأ الشارح لطبقات متنوعة من الوقائع المستقلة (انقراض، اختلاف، توزيع جغرافي للأنواع، توافقات في المظهر البدني، علم الأجنة المقارن). من هنا تخرج استراتيجية جديدة لتبرير الانتخاب الطبيعي، تبريراً من خلال نتائج الفرضية وبعبارة أخرى من خلال قدرتها التفسيرية.

وهكذا يوجد لدى داروين مستويان من تبرير الانتخاب الطبيعي. الأول يتمثل في حجة تجعل من المقبول وجود عملية للانتخاب الطبيعي. ومما يزيد من أهمية ذلك أن كتاب "أصل الأنواع" لا يقدم دليلاً مباشراً على أية حالة من الانتخاب الطبيعي؛ ومن جهة أخرى لم يكن ممكناً بناء مثل هذا الدليل بصورة مقنعة قبل نهاية عام ١٩٤٠ أي ما يقرب من قرن منذ ظهور أصل الأنواع. المستوى الثاني

للتبرير قائم على القدرة التفسيرية والتوحيدية للفرضية. والمخطط المقدم هنا فى الشكل الأول يجمع الاستراتيجيات المزدوجة لتبرير فرضية الانتخاب الطبيعي.

هذه المنهجية مطابقة للاستراتيجية النيوتونية التقليدية لتأكيد الفرضيات. هذه الاستراتيجية تقوم على المثل الأعلى السبب الحقيقى vera causa "حقيقى وليس اصطناعى"، الذى تقترحه المعطيات العينية وتؤكد ظواهر مستقلة يفسرها. وكان داروين واعياً أنه ألف أصل الأنواع بالرجوع إلى هذا التصور عن العلم، وهو الشائع لدى فيزيائى منتصف القرن التاسع عشر. وقد تعرف على ذلك فى كتابات فلسفة العلوم لدى هرشل Herschel وهويل Whewell. وهذه المرحلة تواكب المرحلة التى صاغ فيها داروين فرضية الانتخاب الطبيعي.



الشكل (١)

المصطلح الفلسفى الثالث الذى استخدمه داروين لكى يصف الوضع الفلسفى للانتخاب الطبيعى هو مصطلح القدرة. ويستخدم داروين كثيراً هذا المصطلح وهو مرادف تقليدى لمصطلحات "سبب" و"عامل" للدلالة على قدرة الانتخاب الطبيعى، غير المحدودة تقريباً، على تحسين تكيّف الأجهزة العضوية مع محيطها. وهنا مقتطفان يوضحان فكرة أن للانتخاب قدرة تحويل لانهائية: "يمكننا القول إن الانتخاب الطبيعى يتقصى فى كل لحظة وفى العالم بأسره التنوعات الأكثر دقة؛ ويطرد الضارة منها ويستبقى ويراكم النافعة؛ إنه يعمل فى صمت بصورة لا غنى عنها وفى كل مكان عندما تتاح الفرصة، من أجل تحسين كل الكائنات الحية فى توائمها مع شروط وجودها العضوية وغير العضوية".

وفى الفصل الختامى لأصل الأنواع، نجد صيغة أكثر قوة تدعم وتعطى نجاعة للنقد الموجه غالباً إلى داروين بواسطة معاصريه، وهو، حسبما يرون، أن داروين قد حل وضع الانتخاب محل الإله المدبر للكون فى اللاهوت الطبيعى: "أى حد يمكن لنا أن نضعه لهذه القدرة الفاعلة بشكل مستمر عبر العصور والتى تستقصى بدقة تكوين وتطابق وعادات كل مخلوق من أجل إعطاء حظ أكبر لما هو حسن ورفض ما هو سيئ؟ لا أستطيع أن أتصور أى حد لهذه القدرة التى تكييف ببطء وبصورة تدعو للإعجاب كل شكل مع العلاقات الأكثر تعقيداً للحياة. حتى وإن لم ننظر إلى ما هو أبعد من ذلك، فإن نظرية الانتخاب الطبيعى تبدو لى فى ذاتها محتملة".

فيما وراء التأثير البلاغى ما المعنى الدقيق لتصريحات داروين عن "القدرة الكلية" paramount power للانتخاب؟ وفى الكتاب الصادر عام ١٨٦٨ عن التنوع يقدم الصيغ الأكثر دقة: "تحدثت عن الانتخاب بوصفه قدرة كلية، رغم أن فعلها يعتمد بشكل مطلق على ما نسميه، بسبب الجهل، التنوع التلقائى والعرضى. التنوعات فى كل مخلوق تتحدد بواسطة قوانين محددة وثابتة. ولكن هذه القوانين لا علاقة لها مع المخلوق الحى الذى يُنتج بشكل تدريجى من قدرة الانتخاب، سواء كانت هذه القدرة طبيعية أم اصطناعية... بالرغم من أن التنوع ضرورى تماماً

يكفي أن نراقب أجهزة حية معقدة ومتكيفة بصورة هائلة لكى نفهم أن التنوع موجود فى وضع التابع بالنسبة للانتخاب".

تتمثل أطروحة "القدرة الكلية" للانتخاب فى القول بأن هذه القدرة هى القوة الأساسية التى توجه التغير فى الأنواع. ومن جهة أخرى لا يقول لنا داروين أبداً أن الانتخاب الطبيعى هو القوة الوحيدة التى تتجز التغير التطورى. فهناك قوى أخرى، مثل التنوع التلقائى، وعلاقات النمو، وأثر الاستخدام وعدم الاستخدام. ولكن الانتخاب الطبيعى يأتى بوصفه عاملاً منظماً فيما بعد، وبوصفه كذلك هو قادر على أن يحتل المكانة الأولى من بين عوامل التنوع التى يستند إليها. أطروحة "القدرة الكلية" للانتخاب الطبيعى، رغم صيغتها الضخمة، لا تخفى سوى جانب خاص من النظرية، وهو تفسير التغير التكيفى. بالرغم من أن هذه النظرية جوهرية بالنسبة لداروين لا ينبغى الخلط بينها وبين تصور الانتخاب بوصفه مبدأً موحدًا ومفسرًا للتاريخ الطبيعى للحياة فى مجملها. التغير التكيفى شىء، والانقراض والتوزيع الجغرافى للأنواع وتنوعها والعلاقات بين علم الأجنة والتطور هى شىء آخر (شكل ١).

وبأى مقدار تساعدنا المقولات الفلسفية العفوية لداروين فى فهم الخلافات حول حيوية أو تقادم الداروينية فى المذهب التطورى المعاصر؟ يمكن أن نسمح لأنفسنا بالتشديد على تمييز، بالرغم أنه لم يكن واضحاً لدى داروين، ليس أقل حضوراً. إذ يلىق فى الواقع التمييز بين القدرة التفسيرية للانتخاب الطبيعى وما يسميه داروين "قدرة" الانتخاب. إن أطروحة "القدرة الكلية" للانتخاب تتعلق بالتكيفات: فالتكيفات هى النتيجة السببية المباشرة لمسار الانتخاب. فى المقابل، الانقراض والتنوع والتوزيع حسب الشرائح الجيولوجية للحفريات، والمظهر العام لتصنيف الكائنات الحية، هى نتائج غير مباشرة وبعيدة إلى حد ما للانتخاب الطبيعى. هذه الظواهر توضح بالنسبة لداروين القدرة التفسيرية لفرضية الانتخاب الطبيعى، قدرتها على أن تجعل كل جوانب تاريخ الحياة معقولة وموحدة، وتكيف



الكائنات الحية ليس سوى الجانب الأكثر مباشرة لهذا التاريخ. هذا التمييز بين القدرة التفسيرية لمبدأ الانتخاب والقدرة السببية المباشرة للانتخاب يقدم تصنيفاً للتحديات المعاصرة للداروينية. والتي سنفحصها الآن.

### تصنيف الانتقادات الموجهة للداروينية

منذ سنوات ١٩٧٠ هناك مقولتان رئيسيتان للانتقادات التي صيغت ضد النظرية التآلفية للتطور أى الصيغة الحديثة للداروينية. النقد الأول يتمثل فى الاحتجاج على أن يكون للانتخاب الطبيعى القدرة على تفسير كل طبقات الوقائع المشار إليها بواسطة داروين. فعلى سبيل المثال يتم إنكار أن الانتخاب الطبيعى يكفى لتفسير الانقراضات، أو مظهر التوثيق الحفرى (وبوجه خاص فجواته) أو أيضا العلاقات بين علم الأجنة والتطور. هذا النوع من النقد كان منظورا بوجه خاص فى سياق علم الباليوبولوجيا paléobiologie (علم الحياة القديمة). ولكن الانتقادات النابعة من بيولوجيا التطور وعلم الأشكال morphologie تأتى عادة من نفس العقلية. ويتعلق الأمر أساسا برفض النماذج التفسيرية التى تدين بالكثير لمبدأ الانتخاب الطبيعى. وهذه الانتقادات تستهدف البنية الكلية لما كان داروين يسميه بـ "نظرية" الانتخاب الطبيعى، ومزاعمه فى التفسير، وقدرته على توحيد التاريخ الطبيعى للحياة.

النوع الثانى من الانتقادات يتمثل فى الاحتجاج على أن الانتخاب الطبيعى له قدرة غير محدودة ودائمة لتحسين التكيفات. وهى تستهدف هنا ما يسميه داروين "القدرة الكلية" للانتخاب.

### الانتقادات الخاصة بالقدرة التفسيرية للانتخاب الطبيعى

الغالبية العظمى من الانتقادات منذ سنوات ١٩٧٠ تعتبر أن الانتخاب الطبيعى تفسير كاف للتكيفات، ولكنه ليس مبدأ كافيا لتفسير هذه الطبقة الكبرى أو تلك من الظواهر التطورية.

وكان الجدل خلال الثلاثين سنة الأخيرة حول التطور الشامل macroévolution موقعاً مفضلاً لهذا النوع من النقد. والحالة الأكثر بساطة هي بلا شك حالة الانقراضات. وتمثل لنا أعمال دافيد راوب David Raub، التي تم تلخيصها في كتاب تجميعي ظهر عام ١٩٩١، بالنسبة لنا هنا حالة مثالية.

التفسير الدارويني التقليدي للانقراضات يقول بوجه عام الآتي: بقدر ما يعدل الانتخاب الطبيعي الأنواع من أجل التنافس بين الأفراد، بعض الأنواع يتضح أنها أقل فعالية من غيرها في هذا السباق إلى التكيف؛ هذه الأنواع تشهد نقصان عددها، في حين أن أنواعاً أخرى تغزو حاضنتهم niche البيئية. الانقراض يأتي أساساً إذن من عوامل بيولوجية (صراع بين الأنواع). ولا يرفض راوب أن يكون انقراض الأنواع قابل للتفسير بهذه الطريقة في كثير من الحالات. ولكنه يرفض إمكانية تفسير كل الانقراضات وخاصة الانقراضات الكثيفة، بهذه الطريقة. وقد حاول مع علماء آخرين باليوأنتولوجيين وفيزيائيين تفسير الانقراضات الكثيفة بتوترات فجائية للمناخ الفيزيائي. على سبيل المثال اصطدام الأرض بنيازك كبيرة الحجم، أي بواسطة عوامل غير بيولوجية. ظاهرة الانقراض يمكن تفسيرها حينئذ بأسباب لا ترجع أولاً إلى التنافس بين الأنواع أو بتفاعلاتها البيئية بوجه عام.

لقد شاع هذا التفسير. ولا أذكره إلا لكي أوضح طبيعة التحدي الموجه إلى الداروينية. فراوب يصرح أنه لا يعترض على "الانتخاب الطبيعي لداروين". فهذا الانتخاب، كما يقول راوب، هو التفسير الوحيد الممكن للتكيفات. ولكن الانتخاب لا يكفي وحده لإنتاج الانقراضات الكثيفة ولا تتوع الأشكال الناتج عنها بسبب تحرر الأوساط البيئية المترتب عليها. في تخطيط الشكل الأول، يرفض راوب أن يضع على الرسم "صندوقين" يظهران في آخر الرسم (انقراض، وتنوع).

وانطلاقاً من هذا المثال من السهل فهم معنى أطروحات أخرى غير داروينية. الاختلاف بين الأنواع والقوالب النسالية phylogénétiques كانت أهدافاً مفضلة للبايولوجيين غير الدراوينيين بصورة صريحة. إن نظرية التوازن

المحدد لإيلدردرج Eldredge وجولد 1972 Gould هي موجهة أساسًا ضد رؤية لتاريخ الحياة تشتق النشوء التفرعي<sup>(٧)</sup> cladogenèse والمظهر العام لشجرة الحياة من الانتخاب الطبيعي وحده. هناك انتقادات مشابهة صيغت في الغالب بواسطة ميكانيكا النمو وعلم الأشكال. وهنا نبرز قيمة ضغوط النمو، وحتى قوانين التنظيم الذي يجعل كل نظرية للتطور تسعى لأن تلتحق بمجمل الظواهر إلى العمل التدريجي للانتخاب الطبيعي في جوهرها غير كافية.

النظرية الحيادية في التطور الذري تتطلق أيضًا من نفس العقلية. لكنها لا تعترض على كون الانتخاب الطبيعي يفسر نشأة التكيفات، ولكنها تعتبر أنه على المستوى الذري (وخصوصًا على مستوى الدنا ADN)، أن أغلبية التغيرات محايدة وتوجد مستبعدة أو محددة بواسطة الانحراف الجيني العرضي.

### انتقادات تخص القدرة التكيفية للانتخاب

انتقادات القدرة التكيفية للانتخاب الطبيعي هي نسبيًا أكثر ندرة في الأدب التطوري الحديث. وفي المقابل كانت هي الأكثر شيوعًا في بداية القرن، حيثما كان يقترح اللاماركيون الجدد تفسيرًا آخر لتكوين التكيفات، أو حيث كان ينكر التحوليون mutationnistes أن يكون للانتخاب الطبيعي القدرة على التعديل التدريجي للأنواع. وفي وقتنا الحالي، وبوجه خاص في مجال البيولوجيا النظرية نجد انتقادًا منظمًا حول فكرة القدرة التكيفية للانتخاب الطبيعي.

أحد النماذج الأكثر بروزًا عن الخطاب حول حدود هذه القدرة التكيفية يمكن أن نجده في عمل ستيوارت كوفمان Stuart Kaufmann. ففي كتاب كوفمان أصل النظام ١٩٩٣ ييلور حجتين كبيرتين تستهدف بيان أن التعقد يفرض حدودًا جادة للقدرة التكيفية للانتخاب الطبيعي. فمن جانب تظهر تلقائيًا بعض خصائص الكائنات

---

(٧) النشوء التفرعي: تطور الأنواع بانقسام السلالات.

الحية، التى يسميها توليدية génériques، بسبب تعقدها الداخلى، أيًا كانت العوائق ولاسيما الضغوط الانتقائية التى نطبقها عليها. وهكذا تبدو العلاقة بين عدد الأنماط الخلوية وعدد الجينات الموجودة فى جهاز عضوى متطابقة مع قانون من نفس الصيغة الجبرية فى كل الكائنات الحية (عدد الأنماط الخلوية يتزايد بقدر الجذر التربيعى لعدد الجينات).

على أى حال أغلب "الخصائص التوليدية" أو "الكليات البيولوجية" يمكن تحديد سماتها بصورة أكثر صورية. ومن جانب آخر، يرى كوفمان أنه بعد أن يصل إلى درجة معينة من التعقد، توجد حدود جادة لقدرة النظم الخاضعة للانتخاب أن تتطور تجاه درجة أكبر من الرقى (أو القيمة الانتخابية) أو حتى البقاء عند مستوى معين. الفكرة الأساسية هى أن بعض درجات الاتصال فى الجينوم (حلقات الفعل الارتجاعى بين جينات التضبيب) هى أكثر تحبيذاً من غيرها لعمل الانتخاب.

توجد طرق أخرى مفتوحة على نقد القدرة التكيفية للانتخاب الطبيعى. فقد طور علماء الجينات فى مجال السكان عددًا من النماذج التى تستهدف أن تبين سذاجة الفكرة التى تعتبر أن الانتخاب الطبيعى له قدرة تنمية شبه آلية للقيمة التكيفية للسكان. حتى فى غياب العوامل التى من شأنها عرقلة عمل الانتخاب (على سبيل المثال: الانحراف العرضى)، يمكن لسياسة عملية للانتخاب الطبيعى أن يكون من نتيجتها أن تقلل من رقى السكان. وهذه هى الحالة التى نجدها على سبيل المثال للنماذج التى تصف تطوير سكان التى يوجد فيها تنافس بين جينات تحدد سلوكًا أنانيًا وسلوكًا غيريًّا: فى أكثر هذه النماذج بساطة، يؤدى الانتخاب إلى نشر جينات أنانية، وفى الوقت نفسه يؤدى إلى تخفيض الرقى الشامل للسكان. وفيما وراء هذه الحالة الأسطورية التى تذكرنا بنمط من التفكير الشائع لدى علماء الاقتصاد طور علماء جينات السكان نماذج نظرية عديدة تكون نتيجة الانتخاب فيها ليست هى زيادة، بل تخفيض القيمة التكيفية العامة لسكان معينين.

## خاتمة

منذ حوالي ثلاثين سنة، نشأ جدل مستمر حول صلاحية "الداروينية" وقد سبب هذا الجدل كثيرًا من اللبس. وأحيانًا يكون المستهدف هو النظرية التآليفية للتطور أو بعبارة أخرى الدراوينية الحديثة. وأحيانًا أخرى يستهدف النقد طبقة أقدم أو أحدث من المذهب التطوري الذي يستلهم داروين.

الدراوينية بسبب هذه التسمية نفسها، هي عملية تاريخية. فلا شيء يتضمن سلفًا أن هذا المصطلح يغطي اختبارات نظرية متجانسة. ولكن يمكننا مع ذلك أن نراهن على أن الإحالة الموهوسة من قبل علماء بيولوجيا التطور إلى داروين تتمتع ببعض التماسك المفاهيمي. بهذه الروح اقترحت معيارًا بسيطًا لتقييم الأطروحات الدراوينية والمعادية للداروينية. هناك طريقتان حتى يكون المرء غير دراويني: الأولى هي الاعتراض على مخطط إعادة إنشاء التاريخ الطبيعي كما قدمها داروين، ورفض الوضع التراتبي الذي يعزوه داروين لمبدأ الانتخاب في تفسير مجمل الأحداث التي تمثل مجمل تاريخ الحياة. هذا النوع من النقد كان هو الأكثر شيوعًا منذ سنوات ١٩٧٠. بوجه عام لا يدفع هذا النقد المؤلفين إلى الاعتراض على كون الانتخاب الطبيعي تفسيرًا صالحًا لنشأة التكيفات. الطريقة الثانية كي يكون المرء غير دراويني هي الاعتراض على عمومية القدرة التكيفية للانتخاب. في العقود التي تلت داروين، كان هذا هو خط الهجوم المشترك ضد داروين، وكانوا في ذلك الوقت يعارضون الانتخاب الطبيعي بتفسيرات أخرى لنشأة التكيفات مثل وراثية الصفات المكتسبة. مثل هذا الاعتراض على فرضية الانتخاب الطبيعي بوصفها مبدأ موحد للتاريخ الطبيعي للحياة في مجملها. واليوم أصبح نقد القدرة التكيفية للانتخاب نادرًا في مجتمع علماء البيولوجيا. ولا سيما لدى علماء التاريخ الطبيعي الميدانيين. إنه أمر يخص منظرين يهتم تفكيك البداهة الظاهرة لمفهوم الانتخاب، ولكن ليس بالضرورة الاعتراض على المكانة التي يعترف بها له علماء التاريخ الطبيعي الميدانيين.

هناك طريقة أخرى لتصوير نزاعات متكررة مع داروين أو ضده. إن كلمة الدراوينية لا تحيل فقط، في الواقع، لجدل داخل مجال تاريخ البيولوجيا. فمنذ أصول هذا الجدل ارتبط بمجالات واسعة في الثقافة المعاصرة (وبوجه خاص: الاقتصاد، السياسة، الفلسفة، الدين). وقد ساهم ذلك بلا شك في زيادة شعبية الكلمة. ولم أتعرض لهذا الجانب المهم في المسألة. الجدل مع داروين أو ضده هو في جانب منه موجه ومتجدد بواسطة خلاقات تذهب إلى ما وراء الخلافات النظرية المتخصصة.

هذا الجانب المؤلف للمسألة لا ينبغي له أن ينسينا مع ذلك البعد النظرى فعلاً للنزاعات حول الداروينية. وفي سياق تطور لا سابق له للتقنية الحيوية، فإن الجدل النظرى حول التطور مع ما يتضمنه من شحنة انفعالية خاصة، موجود كى يذكرنا اليوم، كما بالأمس، أن العلم ليس فقط مجموعة من الوصفات العملية، ولكن محاولة من أجل جعل الطبيعة معقولة، وهى محاولة مفتوحة بلانهاية والخلاف فيها أمر مشروع.

- 1a. DARWIN (C.), « The Variation of Animals and Plants under Domestica-  
tion », *The Works of Charles Darwin*, New York, AMS Press, [1875],  
1972, n° 7, p. 9.
- 1b. DARWIN (C.), « The Variation of Animals and Plants under Domestica-  
tion », *The Works of Charles Darwin*, New York, AMS Press, [1875], 1972,  
n° 8, p. 426.
2. HULL (D.), *Darwin and his Critics*, Cambridge, Massachusetts, Harvard  
University Press, 1973.
3. KAVALOSKI (V.-C.), *The vera causa Principle : a Historico-philosophical  
Study of a Metatheoretical Concept from Newton through Darwin*, Univer-  
sity of Chicago : Ph. dissertation, 1974.
4. RUSE (M.), « Darwin's debt to philosophy : an examination of the  
influence of the philosophical ideas of John F. W. Herschel and William  
Whewell on the development of Charles Darwin's theory of evolution », *Studies in History and Philosophy of Science*, n° 6, 1975, p. 159-181.
- 5a. DARWIN (C.), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection,  
or the Preservation of favoured Races in the Struggle for Life*, London, Mur-  
ray, (Facsimile, Cambridge, Harvard University Press, 1964), 1859, p. 84.
- 5b. DARWIN (C.), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection,  
or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, London, Mur-  
ray, (Facsimile, Cambridge, Harvard University Press, 1964), 1859, p. 236.
6. RAUP (D.), *Extinction. Bad Genes or Bad Luck?*, New York, Norton and  
Company, 1991, trad. fr : *De l'extinction des espèces — Sur la disparition  
des dinosaures et de quelques milliards d'autres*, M. Blanc, Paris, Gallimard,  
1993.
7. GOODWIN (B.), « Changing from an evolutionary to a generative  
paradigm », *Biology, in Evolutionary Theory : Paths into the Future*, J.-W.  
Pollard, New York (ed.), New York, Wiley, 1984, p. 99-120.
8. KIMURA (M.), « Evolutionary rate at the molecular level », *Nature*,  
n° 217, p. 624-626.
9. KAUFFMAN (S.A.), *The Origins of Order : Self-Organization and Selection*,  
New York and Oxford, Oxford University Press, 1993.
10. GAYON (J.), « Critics and criticisms of the modern synthesis : the view-  
point of a philosopher », *Evolutionary Biology*, n° 24, 1990, p. 1-49.
11. GAYON (J.), « What does "Darwinism" mean? », *Ludus vitalis*, n° 2,  
1994, p. 105-118.
12. GAYON (J.), « Neo-Darwinism », in *Concepts, Theories, and Rationality  
in the Biological Sciences, The Second Pittsburgh-Konstanz Colloquium in the  
Philosophy of Science*, G. Wolters, J.-G. Lennox, P. McLaughlin (eds.), Uni-  
versitätsverlag Konstanz & University of Pittsburgh Press, 1995, p. 1-25.
13. GAYON (J.), « The paramount power of selection : From Darwin to Kauf-  
man », in *Structures and Norms in Science*, X<sup>th</sup> International Congress of  
Logic, Methodology and Philosophy of Science — Florence, august 1995,  
M.-L. Dalla Chiara, K. Doets, D. Mundici, J. van Benthem (eds.), Dordrecht,  
Kluwer, 1997, p. 265-282.
14. GAYON (J.), *Darwinism's Struggle for Survival — Heredity and the Hypo-  
thesis of Natural Selection*, Cambridge, Cambridge University Press [éd.  
angl. révisée de Darwin et l'après-Darwin, Paris, Kimé, 1992], 1998.

## العقلانية والاستدلال<sup>(٨)</sup>

بقلم: جيل جاستون جراتجيه

Gilles Gaston GRANGER

ترجمة: راوية صادق

السؤال المحورى المطروح هو التالى: هل عقلانية المعرفة أو السلوك هى بالضرورة نتاج استدلال؟ من الملائم، من أجل محاولة الإجابة، أن نحدد معنى كلمة عقلانية ونصف إجراءات الاستدلال. الاستدلال هو تسلسل القضايا مع الالتزام بالقواعد. لكنه أيضا تحديد فكرة فى سياق يخص الظروف، والأسباب والنتائج. هناك إذن مظهرا "بنائيا" ومظهرا "تقديا" فى الاستدلال.

أما عن خاصية العقلانى، فهى تطبق أيضا على "إجراءات" الفكر، مثلما تُطبق على الـ"سلوكيات" أو حتى على "ذوات" مفكرة أو فاعلة؛ لكن فى اتجاهات مختلفة يكون من الملائم تمييزها وجمعها. الإخلاص للـ"قواعد" هو بالتأكيد أحد الملامح الجوهرية المشتركة، لكن إحدى الإشكاليات الرئيسية لفلسفة التقاليد اليونانية كانت دائما الصياغة والوحدة المحتملة لهذه القوانين. لتوضيح دور الاستدلال فى الوصول إلى صفة ما هو عقلى، سنبحث بالتعاقب، تطبيق هذه الخاصية على إحدى المعارف وأحد السلوكيات.

### ما المعرفة العقلانية؟

إن معرفة أحد العوالم باعتبارها تشكيل لخبراتنا لا يتم التفكير فيها جيدا إلا من خلال تحول الانطباعات إلى مفاهيم. فالـ"منطق" هو أكثر أنماط التشكيل

---

(٨) نص المحاضرة رقم ١٧ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٧ يناير ٢٠٠٠.



والضبط عمومية التى تتطابق مع هذا التحول. كما أن أولى تميزات إحدى المعارف العقلانية هو كونها فكرًا منطقيًا.

يتمثل أكثر معانى المنطق صرامة فى اختزال كل موضوع للتفكير إلى أقل محتوى، الذى هو الحضور أو الغياب، وعلى نحو مضاف للقضية التى تعنى هذا الموضوع، الصواب أو الخطأ. عندئذ تضمن قواعد الاستدلال بناء قضية انطلاقًا من أخرى مع المحافظة على قيمة الحقيقة للقضية الأصلية، ومن ثم تضمن عدم إمكانية استنتاج قضية حقيقية وخاطئة فى آن. صيغ هذا التشريع للـ "استنتاجات" بطرق مختلفة على امتداد تاريخ المنطق، وفقًا لمستوى التعقيد المختار لوصف القضايا. فعلم القياس syllogistique لدى أرسطو Aristote هو الذى ينظم معالجة القضايا المتضمنة بنى داخلية، مع موضوع ومحمول، ويركّب قضيتين بسيطتين للحصول على نتيجة حقيقية. عندئذ تكون القواعد معقدة إلى حد بعيد، لكن فكرة الاستنتاج تظل موجودة. إنه أيضا المنطق الرواقى، الذى يستند على علاقة جوهرية تضمينية بين قضايا لم يتم تحليلها هذه المرة. أو أيضا، منذ القرن التاسع عشر، مع فريج Frege، حساب يخص القضايا باستلهاهم رواقى، يُدخل كمصطلحات تخص لغة منطقية، رموزًا لقضايا خالية من أى مضمون سوى الحقيقة أو الخطأ ورموزًا لعمليات أساسية، على سبيل المثال النفي والتضمن؛ ويحكم من خلال قضايا بسيطة أو مسلمات وقواعد استنتاج، استخدام هذه الرموز الشكلية على نحو خالص.

لنأخذ هذا الموضوع الحسابى كقاعدة حيث القضايا، إذا صح القول، لها درجة الصفر فى المضمون. شكلنا، ونحن نثرى هذا الحد الأدنى من حساب المحمولات، حيث تتضمن القضية رمزًا للملكية ورمزًا للموضوع نطبقه عليها، حساب الكيفيات والطرق، حساب الاحتمالات و"حسابات" أخرى مختلفة تخص قضايا أكثر تعقيدًا، لكنه يظل رغم هذا - حتى لو وقع الأمر بالنسبة للقضايا الميتافيزيقية الخاصة بقضايا الحساب فى المرتبة الثانية فحسب - المبحث الموجه الذى يدير حوار الحقيقة.

إن شرط عقلانية إحدى المعارف هو، من وجهة النظر هذه، مطابقة مساعيها مع منطق ما. ورغم هذا تبين دراسة وممارسة هذا التشريع للفكرة أنها لا تحكم في الواقع غير "تكتيك"، أي المعالجة البطيئة والمحلية للحقائق إذا صح القول. لا نجد فيها أي وصفات تهدف إلى إجراء إبداعي. وبدون مغادرة مجال الفكرة، حيث لا يلعب المضمون التجريبي للقضايا أي دور أساسي، سنكتشف في الرياضيات أولاً انتشار عقلانية منتجة.

العقلانية الرياضية هي عقلانية فكر إبداعي وخصب فعلا. لا شك أنها تواصل الخضوع، على الأقل في الصياغة النهائية لمنتجاتها، لتشريع منطق معين. لكن سعيها ينطلق بالإضافة إلى ذلك، من رؤية استراتيجية تربط كل لحظة بتنظيم للمجموع. فإذا كان الرياضي المبدع يرى أن الإنجاز النهائي الذي يكرس نفسه له هو صياغة برهان باعتباره تسلسلا منطقيا لقضايا حقيقية، فإن عمله في التفكير السابق - والرئيسي - تمثل في البحث عن "سبب الظواهر"، حسبما يقول بليز باسكال Blaise Pascal أحد كبار الرياضيين، عن خصائص الموضوعات الرياضية، وأن يبني موضوعات رياضية جديدة عند الضرورة. يرى الرياضي أمامه (في الفكر) كمًا من الأشياء أنتجها من سبقه، أو أنتجها هو، بنفس القدر لكنها حقيقية بالفعل، كثافتها وغموضها، التي تفلت أحيانا لقرون أو حتى بلانهاية، من المفكرين متصلبي الرأي. إنه يثابر على تفكيكها إلى عناصر أبسط يكتشف استنتاجاتها، ويعيد تكوين أشياء جديدة عرضًا، بنفس القدر من الحقيقة. على سبيل المثال الانتقال من نظرية أساسية لعمليات الجبر الخاصة بالأرقام، إلى جبر مُعمم يتناول أي موضوع يخضع لعمليات مجردة، معرفة بخصائصها الشكلية فقط، هو انتقال غير منطقي على نحو مسطح لكنه أكثر مطابقة للعقل. عقلاني من حيث إننا نعثر انطلاقًا من أشياء جديدة مبنية على هذا النحو - "حلقة"، "جسد" - وباعتبارها إنجازات أقل تجريداً ومعروفة من قبل، على نظام الأعداد الصحيحة بجمعها، حاصل ضربها، والعكسيات. العقلانية هنا هي المحافظة على خصائص الموضوعات والكشف عن أكثر معانيها عمقا في عالم أكثر اتساعا حيث تختفي

بعض القيود الإجرائية المدركة باعتبارها "لا عقلانية". هذه الـ "لا عقلانية"، مثل مقابلة أرقام يسميها اليونانيون - عن حق - "لا عقلانية"، أو تلك الخاصة بالأرقام المسماة بـ "خيالية" في القرنين السادس عشر والسابع عشر، كثيراً ما تكون مناسبة لبسط مجال الأشياء القديمة لإعادة ترميم عقلانية نظام الرمز الحسابي.

وهكذا، لاتزال خصوبة الاستدلال الرياضي تتبدى أيضاً في الدور الذي يلعبه فيه المظهر الـ "تقدي" الذي ذكرناه عما قليل. إنه يتمثل في البحث عن المبادئ، والخصائص الجوهرية للموضوعات المتفحصة. عبّر هذا المظهر للعقلانية عن نفسه مثلاً نعلم منذ بدايات الرياضيات اليونانية، على نحو منظم في "العناصر" لإقليدس Euclide، وأيضاً لدى آخرين كثيرين. والفكر العقلاني تماماً يتضمن بالضرورة هذا التحليل وبمعنى ما، إعادة التساؤل حول ما قد يؤسس مسيرته. ومن الملائم، فيما يتعلق بهذه النقطة، أن نميز نوعين من هذا الأساس، سبق أن ذكرناهما بصدد الشكل المنطقي للاستدلال. يمكن لإضفاء الشرعية هذا، في واقع الأمر، أن يتمثل في "قضايا بسيطة" تُطرح باعتبارها غير قابلة للاعتراض عليها أو في "قواعد" لا نستطيع مخالفتها دون السقوط في اللاعقلانية. النموذج الأصلي لهذه القواعد، التي تمثل إذا صح القول سلبية العقلاني، مزود بطبيعة الحال بالقواعد المنطقية على نحو صارم، والواهنة بعض الشيء ربما وفقاً لمجالات الأشياء التي يستكشفها الفكر، لكن أبداً إلى حد السماح بالتناقضات. أما بالنسبة للقضايا المصاغة كقاعدة مقبولة، مثل المسلمات في الرياضيات، فلها قطعاً مضمون إيجابي، في كل مجال للتفكير، يجعلها مبررة لنقد ميتافيزيقي. فهل سيستند تفسير علمي وصفي وتفسيري للوقائع النفسية، على سبيل المثال، على مسلمة خصوصية هذه الوقائع بالنسبة للحقائق الجسدية؟ لقد أمكن طعن مسلمة كهذه، دون أن يوصف طعنها أو قبولها باللاعقلانية. لا يسعنا رغم هذا سوى الاعتراف، من وجهة النظر هذه، بنسبية العقلاني. ينبغي - رغم هذا، حسبما يبدو لي، قبول نوع من الميتافيزيقا العقلانية كملجأ أخير، سنعتبر عنها بمتطلبين. ينبغي، من ناحية، خلال البحث عن المبادئ - مثلاً يقول أرسطو، التوقف، إذا لم نرد الانخراط في

مطاردة غامضة "ajnavgkh sth nai". إن اختيار القضايا البسيطة عقلاني إذن في حد ذاته. ومن ناحية أخرى، ما أن يتحقق هذا الاختيار بوضوح أو ضمناً، سيصبح لاعقلاني ألا نتمسك به ومعارضته خلال مقصدنا. ورغم هذا، فتعديل أو حتى رفض مبادئه التي أُجيزت من قبل ليس أمراً لاعقلانياً، بشرط عمل ذلك على نحو مفتوح، وتبرير هذا التغيير في الطريق بإعادة إذابة النظام الذي يفتح مجالاً جديداً للعقلانية. تلك هي الملامح التي نتعرف عليها في المعرفة العقلانية، التي تضمن في آن احترام المنطقي وإبداعه.

### ما السلوك العقلاني؟

يصعب الفصل بالتأكيد بين عقلانية المعرفة وعقلانية السلوك، مادام السلوك يتضمن معرفة في أكثر الأحيان. سنرى ذلك في البدء بوضوح تاماً عند ذكر بعض الملاحظات حول مفهوم وسيط إذا صح القول بين عقلانية المعرفة وعقلانية السلوك، مثلما يظهر في النظرية الاقتصادية.

في علم الاقتصاد، بالفعل، تم السعي إلى تعريف مجرد لسلوكيات عقلانية، من أجل تحديد شروط توازن أحد نظم العوامل التي تنتج وتستهلك السلع. عندئذ يتم إدخال مفهوم نفعية السلع للأفراد، ويُفترض أن للعوامل نظم تفضيل، إزاء هذه النفعية، سيتم التماس خصائصها الشكائية من أجل إحدى حسابات النسق. ثم نفترض أن كل عامل يتصرف على نحو يرفع الحد الأقصى للفائدة التي سيحصل عليها، تحت الضغوط التي يخضع لها في النظام، على سبيل المثال الكمية المحدودة لكل سلعة التي يمكنه التصرف بها أو يمكنه الحصول عليها بالتبادل، في ظل شروط سعر معينة.

نرى أن عقلانية سلوك الذوات الاقتصادية هذه تُعرّف من خلال معالجة شكائية، حسابية، للمعطيات المفترضة للفعل. من وجهة النظر هذه، قد تعني العقلانية الناتجة من مجمل تشغيل نظام اقتصادي، معرف على نحو مجرد، أنه لم

يعد هناك أى تبادل، أو أن كل تعديل لتوزيع الطيبات من أجل محابة أحد العوامل قد يؤدي إلى الضرر بعوامل أخرى ورد فعل تعويضي. وهكذا فإن هذا التعريف للسلوك الاقتصادي العقلاني، أو تعريفات أخرى اقترحت له، ترجع في واقع الأمر إلى عملية عقلانية بالمعنى الـ"تأملي" الخالص، بواسطة قواعد الفكر، والوصف المجرد لنظام. لكن الحق أنه كي نقرّب هذا الوصف من المعطيات الخاصة بالتجربة، ينبغي للنظرية الاقتصادية أن تأخذ بعين الاعتبار الظروف المختلفة المعقدة، وأحياناً المتناقضة، إلى الحد الذي تصبح فيه النظرية تطبيقاً محتملاً لـ"حساب اقتصادي"، يعيد إلى عقلانية السلوك نوعيته. لكن المقصود عندئذ عقلانية "تقنية" سنتحدث عنها قريباً.

إنها في البدء هذه الخصوصية التي سنقصدها الآن، متناولين عقلانية أحد السلوكيات في مظهره الأخلاقي على نحو خاص أو بشكل أعم "البديهي" الذي يتضمن فكرة لقيم الفعل ومغزى أفعالنا. ولاشك أن سمات إحدى عقلانيات السلوك، التي يمكننا وصفها باعتبارها "تأملية" بالمعنى الكانتي لهذه الكلمة يمكنها بالتأكيد أن تتلاقى، حسبما سبق أن رأينا، في الفكر الذي يؤسس سلوكاً عقلانياً. لكن في شكل ومغزى مغاير. سنتناول في البدء السمات الخاصة بعقلانية "عملية"، تخص الفعل في الحياة اليومية.

تتعلق السمة الأولى التي سنكشف عنها بـ"التقاط الحقائق" الملموسة للعالم، ولاسيما الخاصة بالعالم الإنساني الذي يحيط بنا. لا يمكن لسلوك أن يكون عقلاني إذا افترض أن الذات عمياء إزاء الوقائع أو الكائنات التي تعمل بينها. لاشك أن العقلانية لا تقتضي أبداً معرفة صائبة وكاملة بظروف الفعل، وتتعارض رغم هذا مع الجهل التام بها، وعلى نحو خاص مع اللامبالاة إزاء نتائجها الممكنة فيما يخص تصديق الفعل. إن الحكاية الخرافية عن الدب الذي قتل صاحبه مثال كاركاتوري، لكنه حكيم عن هذا الشكل من اللاعقلانية. يمكننا بالتأكيد أن نصدر عندئذ حكماً أخلاقياً حول سلوكيات من هذا القبيل، بأن نلصق على العامل خطأ

إهمال المعلومة. وإذا كانت نتائج الفعل غير ملائمة بوضوح للذات أو للآخرين، فإن اللاعقلانية ترتبط هنا بمسئولية أخلاقية.

سنتعرف، في سياق فكرة قريبة، على أحد أشكال اللاعقلانية في غياب "الفطرة السليمة" و"الحكم". باستطاعتنا في الواقع وعن حق تمامًا، التساؤل عما يقرر ما إذا كان سلوك معين ينجم أم لا من ضلال في الحكم. ورغم هذا، في مجتمع وحقبة محددة، يبدو أن للفطرة السليمة بالفعل تفضيلاً غير ملتبس، وكما يقول ديكارت بمقدورها أن تكون "أفضل أشياء العالم قابلية للتقسيم"... أي ثمة اتفاق ضمنى منتشر بشكل واسع لما سيحكم عليه بأنه "عقل" *raisonnable*. الكلمة، في لغتنا (الفرنسية) من نفس جذر العقلاني *rationnel* والعقل *raison*، وتذكر القواميس أنها مرادفة للعقلانية في أحد معانيها. لكن قبولها النوعي يربطها بفكرة الفطرة السليمة، وبالاعتدال أيضاً. نحن نكثر في الممارسة الحياتية كما هو واضح، من استخدام هذا المرادف للعقلاني عن طيب خاطر لوصف السلوكيات. وبالنسبة لحالة "الفطرة السليمة" مثلما بالنسبة لحالة الأسر الصائبة للحقائق، يُسمح لنا بالتأكيد القول بأن اللاعقلانية العملية هي غياب الاستدلال؛ لكن هذا الاستدلال، يركز على "تقدير" الحسنات والمخاطر ليس عندئذ سوى أحد أشكال الاستدلال النظري، التي تتميز قواعده بالضعف الشديد.

ورغم هذا، ليست العقلانية النظرية النقيض الحقيقي لهذه العقلانية الضعيفة، وإنما السلوك الانفعالي قطعاً، الذي هو رفض تطوعي أو على الأقل واع للفطرة السليمة والحكم. في هذا السلوك، يمكن للفرد تماماً المشاركة في عقلانية قوية عندما يقوم باستدلال ليصل إلى الهدف الذي يرغب فيه؛ لكن دون اعتبار للسياق، والانطلاق من المبدأ الوحيد الخاص بتحقيق هذه الرغبة، وبألا يمنح نفسه سوى قاعدة استخدام الوسائل التي تسمح له بالوصول إليها.

نمط آخر من عقلانية الفعل هو العقلانية الـ"تقنية". سيكون عقلانياً من وجهة النظر هذه أحد السلوكيات التي تحصل على النتيجة المرجوة. تصبح مبادئ

العقلانية التقنية، عندما ترشد العلوم التقنية على نحو أساسي، لاسيما كما فى حضارتنا المعاصرة، هى تلك الخاصة بالفكر العلمى، الذى تصاحبه مبادئ ذات طبيعة اقتصادية يمكنها تحجيم استخدام المبادئ العقلانية التقنية: كيف نحصل على النتيجة التى نبحث عنها بأقل تكلفة. لكن، فى الحقب السابقة، أو فى الحضارات المسماة بدائية، التى لاتزال التقنيات فيها غريبة تمامًا عن المعارف العلمية، ما طبيعة هذه المبادئ؟ هل ينبغى الاعتراف بعقلانياتها أم رفضها؟ كما على سبيل المثال فى نطاق السحر، الذى هو بالفعل "التطبيق المتوافق والمنظم" - باعتباره من الشعائر - لمبادئ معينة يمكن وصفه كسلوك عقلانى. لكن بقدر تناقض مضمون هذه المبادئ مع معارف علمية، وأيضا مع نتائج السلوك السحرى الذى كثيرا ما سيكون إخفاقات، أو نجاحات يتعذر التحقق منها، يصبح هذا السلوك لاعقلانيا. وبشكل أعم ألا يمكن اعتبار "قابلية مراجع" نجاح إحدى التقنيات، على نحو مستقل عن طبيعة هذه المبادئ، "أحد معايير" العقلانية العملية؟ عقلانية ضعيفة أو مسبقة بلاشك، لكن يصعب رفضها بسهولة بالنسبة لبعض الممارسات التجريبية الخاصة للحرفى، أو حتى بعض ممارسات المعالج المؤثرة لكن (لايزال) يساء تقديرها؟

لنتأمل الآن، لا أفعال الحياة اليومية ولا الأفعال الموجهة تقنيا نحو نتيجة، وإنما الفعل مثلما هو، "pra= xi" لدى اليونانيين، مستقلا عن الظروف الخاصة بتحقيقه وبناجحاته. لقد أعاد الفلاسفة وعلماء اللاهوت منح العقلانية العملية معنى متوازيا، إذا صح القول، رغم أنه لا يختزل عموما فى معناه التأملى. لقد عرفوا هذا الفعل باعتباره عقلانيا، وذلك بإعادة البحث عن مبادئ خاصة بصلاحية الفعل. لنذكر بإيجاز، نموذجين منهم مميزين للغاية: ديكارت Descartes وكانط Kant.

بالنسبة لديكارت، ربما يكون المقصود حقا هو تأسيس نظرية عن الفعل الحاسم، على نمط العلوم، وبالتأكيد إنطلاقا مما ستعلمنا إياه ما أن تتطور. لكن قبل الوصول إليها و"إعادة تأسيس الرواق الخارجى" يقترح علينا "علم أخلاق مؤقت". إنه يصيغ فى هذا الصدد ثلاث حكم ترسم إذن ملامح ممارسة عقلانية أولية.

١- "طاعة قوانين وعادات بلادى"؛

٢- "أكون الأكثر حزمًا والأكثر تصميمًا فى أفعالى، قدر استطاعتى".

٣- "أحاول دائما إقناع نفسى لا الحظ، وأغير رغباتى بدلا من نظام العالم".

نحصل على هذه العقلانية العملية، حسبما نرى، باستدلال يهدف إلى السكينة الخارجية وسلام معين للروح، دون الرجوع إلى مثل أعلى فى نشاطنا.

على النقيض، يريد فلاسفة من قبيل كانط إقامة أخلاق فوقية نهائية. إذن يعرف كانط "عقلانية" عملية مثل للعقلانية النظرية التى تحكم المعرفة. وهو يصيغ نظامًا من التعاليم والمبادئ تسود وتقن كل الحكم المتعلقة بتصرفات معينة. فيعلن على هذا النحو "قانون العقل الخالص العملى":

"تصرف بحيث تصلح حكمة إرادتك دائما كمبدأ لقانون عام".

أهم سمة جوهرية لهذه العقلانية هى أنها أحد أشكال العالمية التى تستجيب بمعنى ما للصلاحيات الـ"عالمية" للقضايا القائمة على العقل النظرى. كما أن الفيلسوف يطور أيضا نظريته عن العقل العملى وفقاً لخطة تتوازى مع خطة نقد العقل النظرى الخالص، مع تحليليته وجدله وتناقضه المذهبى. يبدو إذن أن نفس العقل يأمر المعرفة، فى استخدامه التأملى، ويأمر الفعل فى استخدامه العملى. لكن الاستخدام العملى هو الذى له "الأولية" على الآخر، إلى حد أنه لن يكون هناك صراع للعقل مع نفسه.

نرى، من هذين المثالين، إلى أى حد استطاع الفلاسفة (وبالتأكيد يستطيعون دائما) الاختلاف فى تقديمهم لعقلانية السلوك، سواء بأن يظلوا مثل ديكارت قريبين إلى حد كاف من النشاط التجريبي، أو مبتعدين كى يُظهروا شرطاً للعقلانية غير تجريبى وأعلى مستوى هو، فى الحالة الكانطية، حرية الذات.

رغم النية، الواضحة لدى كانط، والضمنية لدى ديكارت لتقريب العقلانية العملية والعقلانية النظرية، فإن صعوبة المقابلة واضحة للعيان. لا يستطيع الاستدلال العملى أن يكون مستقلا تماما عن مفهوم المصير الإنسانى؛ فصياغته تتنوع إذن على



نحو شرعى مع هذا المفهوم، وربما مع تحولات المجتمعات الإنسانية. ليس الأمر كذلك بالنسبة لعقلانية الفكر. فحتى لو لم تختزل صياغتها لمتطلبات منطق ما، حتى لو تطورت، فى تطبيقها على الفكر العلمى، فذلك دائماً، إذا صح القول، من خلال "تغير الهيئة"، استعادة وتبنى نظم موضوعات جديدة وأرحب.

### خاتمة

إن الاختلاف بين العقلانيتين والعلاقات المميزة التى تقيمها مع فعل الاستدلال تجعل تعيين هوية عقل نظرى وعقل عملى أمراً شاقاً للغاية. إن استخدام العقل العلمى فى المعالجة الجماعية للبشر هو العضلة على نحو خاص. ستسطح الصعوبات، بالتأكيد، إذا ما طبقت العقلانية العلمية على الحل الشامل لمشاكل الفعل، مثلما يعتقد بعض العقلانيين الراديكاليين. لكن هذا التطبيق المثالى لا يمكن تحقيقه بدون بعض التجاهل المنافق للمعطيات الحقيقية، ولا بدون بعض الاعوجاجات فى الاستدلالات التى تؤسسه. ومن ناحية أخرى، تؤدى العقلانية العملية المستقلة - التى تتحو إلى الاستقرار فى عقائد، والتخلى عن المظهر النقدي الذى تولده العقلانية - إلى تبسيط خطر للعقلانية، نعرفه جيداً. غير أنه، ولمن يعجب ويعز الخلود الإبداعى لعقلانية المعرفة، يظل هذا الأمل الهش فى رؤيتها تساهم، قريباً، فى توطيد تقلبات التنظيم الجماعى للأفعال وأن قربها من المثال الذى لايزال ينبغى العثور عليه لممارسة عقلانية حقا.

## المراجع:

1. DESCARTES, *Discours de la méthode*, Adam et Tannery, 6, p. 23-25.
2. KANT (E.), *Critique de la raison pratique*, Première partie, Livre I, Chapitre I, Section VII.
3. KANT (E.), *Critique de la raison pratique*, Première partie, Livre II, Chapitre II, Section IV.



## المعاينة العلمية والجدل الديمقراطي<sup>(٩)</sup>

بقلم: بيير بواستار

Pierre BOISTARD

ترجمة: د. أنور مغيث

تبين الوقائع الأخيرة أن هناك انتظارًا كبيرًا من جانب المجتمع لمعاينة علمية تسمح باتخاذ قرارات مناسبة، في مواجهة مخاطر يتم الشعور بحدوثها بشكل متزايد ولاسيما في مجال البيئة والتغذية، أو أيضا لتصحيح نتائج تطور محتمل إلى حد كبير، ويكفي هنا ببساطة أن نذكر مشكلة جنون البقر التي ترجع إلى الاعتلال الدماغي الإسفنجي البقري ESB (encéphalopathy spongiforme bovine) أو النباتات العابرة للأنواع أو مشاكل زيادة سخونة الكوكب. المعاينة expertise العلمية تكون مطلوبة عندما يقتضى اتخاذ القرار معرفة مستندة على معلومات ليست بديهية. وعندما تكون المعلومات المطروحة قد أصبحت بديهية، لا نكون في معرض عملية معاينة. المعاينة هي إجابة على سؤال. وبسبب عملية البناء هذه أصبح الفحص العلمى نشاطًا جماعيًا. وبالتالي الخبير expert هو من يقبل، فى الغالب داخل لجنة الخبراء، أن يضع كفاءاته فى خدمة بناء معرفة لم تتبلور بعد، ولكن لا غنى عنها من أجل اتخاذ قرار.

وإذا توجهنا الآن شطر موضوع المعاينة والذي من أجله طُلِبَت هذه المعاينة، فإن القرارات اللازم اتخاذها تتضمن فى الغالب اختيارات بين قيم

---

(٩) نص المحاضرة رقم ١٨ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٨ يناير ٢٠٠٠.

متناقضة وينبغي أن تحسم الأمر في صراعات مصالح. والجدل الديموقراطى يقوم على الاعتراف بشرعية الاختلافات في وجهات النظر<sup>(١٠)</sup> والوزن النسبى الذى نعطيه لهذا الجانب أو ذاك من مشكلة ما بحسب الموقع الذى يحتله كل فرد فى المجتمع، وفلسفته وسُلّم القيم لديه. ولكن الجدل الديموقراطى ينبغي بالضرورة أن يفضى إلى قرار مقبول ومتبنى من قبل الجميع. ينبغي إذن أن يسمح الجدل بتقارب فى سلاّم القيم أو على الأقل أن يقبل الإنسان مراجعتها. والمعاينة العلمية يمكن أن تكون عنصرًا فى عملية بلورة قرار يقبله الجسد الاجتماعى.

ونحن نلاحظ أنه بسبب التعقد المتنامى للمواقف التى نواجهها، فإن القرار النهائى يكون أكثر فأكثر متأثرًا بالمعلومات التى تقدمها عملية المعاينة. ولكى يصبح القرار مقبولاً ينبغي أن تكون عملية المعاينة نفسها ذات صلة بالموضوع ومقبولة من المواطن. وإلا فإن جدل الخبراء سوف يحل محل الجدل الديموقراطى، وسوف تظهر نتائج الخبراء وكأنها عوائق تفرض نفسها على المواطن عن طريق إملائها لقرار الساسة. فى الغالب تكون القرارات معلقة بآراء الخبراء وليست معلقة تمامًا باختيارات سياسية، حيث يكون الساسة خاضعين من جانب لضغوط الاقتصاد ومن جانب آخر لضرورات الوقاية من مخاطر محددة بواسطة خبراء، كما يتدخل الخبراء أيضا لتحديد الضغوط الاقتصادية. وحين على العكس، تتحمل حكومة ما مسئولياتها باتخاذ قرار ليس مفروضًا تمامًا بحكم الخبراء، فإننا نتساءل عن النوايا الخفية لها. الفكرة التى أريد أن أوضحها هى أن وضع الجدل الديموقراطى محل جدل الخبراء يتم لأن عملية المعاينة تظل غريبة على الجمهور. مسيرة المعاينة التى قادت إلى رأى النهائى لا يُبلّغ بها الجمهور. ولكن فقط نتيجة المعاينة تصبح منتجًا نهائيًا يقدم دون أى إشارة إلى طريقة إنتاجها.

---

(١٠) إن تعبير وجهة نظر يشير فى آن إلى الطريقة الخاصة التى يتم بها تقدير مسألة معينة ورأى خاص.=  
=الانتقال من وجهة النظر بالمعنى الثانى إلى المعنى الأول يمكن أن يشكل أحد علاقات المعاينة العلمية بالجدل الديموقراطى.

لكي يمكن للمعاينة العلمية أن تغذى الجدل الديمقراطي، يجب أن تكون عملية المعاينة العلمية نفسها، وليس فقط نتائجها متاحة للجمهور. بهذه الطريقة يدرك الجمهور أن تعدد وجهات النظر التي تغذى الجدل الديمقراطي هي موجودة أصلاً في قلب عملية المعاينة العلمية، ولكن هذه التعددية تسمح بإدراك أفضل للواقع. أريد أن أبين أن عملية المعاينة هي وسيلة مفضلة لتقريب العلم من المواطن، وجعل المسيرة العلمية هي نفسها متاحة وليس فقط نتائجها. وبفضل هذا الاقتراب الكبير، فإن المسيرة العلمية التي تغذى عملية المعاينة يمكن لها أن تتشر الجدل الديمقراطي وأن تلهمه.

### أريد إذن في الجزء الأول أن أبين أن الجدل موجود أصلاً في عملية المعاينة. بل إنه مكون لها.

من المسائل المطروحة تكررًا على رأى الخبراء في وقتنا الحالى هي مسألة السماح بزراعة النباتات العابرة للأنواع. وهذه المسألة توضح بشكل كبير ضرورة تناول الواقع من زوايا مختلفة، كما توضح أن الخبراء المعنيين سوف يقدمون في مرحلة أولى إجابات مختلفة، وذلك أولاً بسبب اختلاف تخصصاتهم العلمية. وهو ما يشرحه ب. هـ. جويون P. H. Gougyon مدير مختبر الإيكولوجيا المنهجية والتطور في المركز القومى الفرنسى للبحوث CNRS جامعة باريس الجنوب، في حديث أجراه مع صحيفة لا كروا La Croix في ١٦ و ١٧ أكتوبر ١٩٩٩: "العلميون من جانبهم ليسوا محايدين بشكل كامل. إنهم يتناولون المشكلة بطرق مختلفة بحسب تخصصهم. وكل شيء يعتمد على "من أين" يتحدثون. وبصورة تبسيطية، حتى وإن لم يكن هذا دائماً حقيقياً، يرى عالم البيولوجيا الجزيئية كثيراً من التقدم الذى يمكن أن ننتظره من هذه التكنولوجيا الجديدة فى التدخل على الحى (العابر للنوع) فى حين أن الخبراء فى الإيكولوجيا هم أقل حماساً أمام ازدهار الزراعات العابرة للأنواع. إن معاينة جديدة ينبغى أن يتقاطع فيها أكثر من تخصص".

يرى علماء البيولوجيا الجزيئية فى الأجهزة العضوية المعدلة جينياً من خلال نقل خصائص أنواع أخرى إمكانية فى زيادة مقاومة النباتات للأمراض وللأنواع المدمرة مثل الحشرات أو الديدان وتقليل مضر الأعشاب الضارة. وخلال الفترة بين ١٩٩١-١٩٩٣، تم حساب أنه بالنسبة للمنتجين العالميين الأساسيين كانت الخسائر الراجعة للأمراض والآفات والأعشاب الضارة حوالى ٤٢% بالنسبة للمحصول المتوقع رغم تخفيض ما يقرب من نصف هذه الخسائر بفضل المعالجات الصحية للنبات phytosanitaires.

البيولوجيا الجزيئية هى أولاً أداة لفهم الآليات التى من خلالها يمكن لكائن عضوى دقيق أن يسبب مرضاً لنبات. وسوف أقدم على سبيل المثال البكتيريا المسماة *rastonia solanacearum* التى تدرس فى مختبرنا، والتى تسبب ذبول نباتات كثيرة، مما يمنع، على سبيل المثال، زراعة البطاطس فى بعض الأقاليم التى توجد بها البكتيريا فى حالة وبائية. وقد بينت دراساتنا أن البكتيريا تمتلك نظاماً من الإفرازات يسمح بحقن النباتات بمواد سامة تؤدى إلى مرضه. وبعض المنتجات المحقونة فى النباتات سيتم التعرف عليها بواسطة جزيئات منتجة تحت تحكم جينات مقاومة وتؤدى إلى رد فعل دفاعى من جانب النبات.

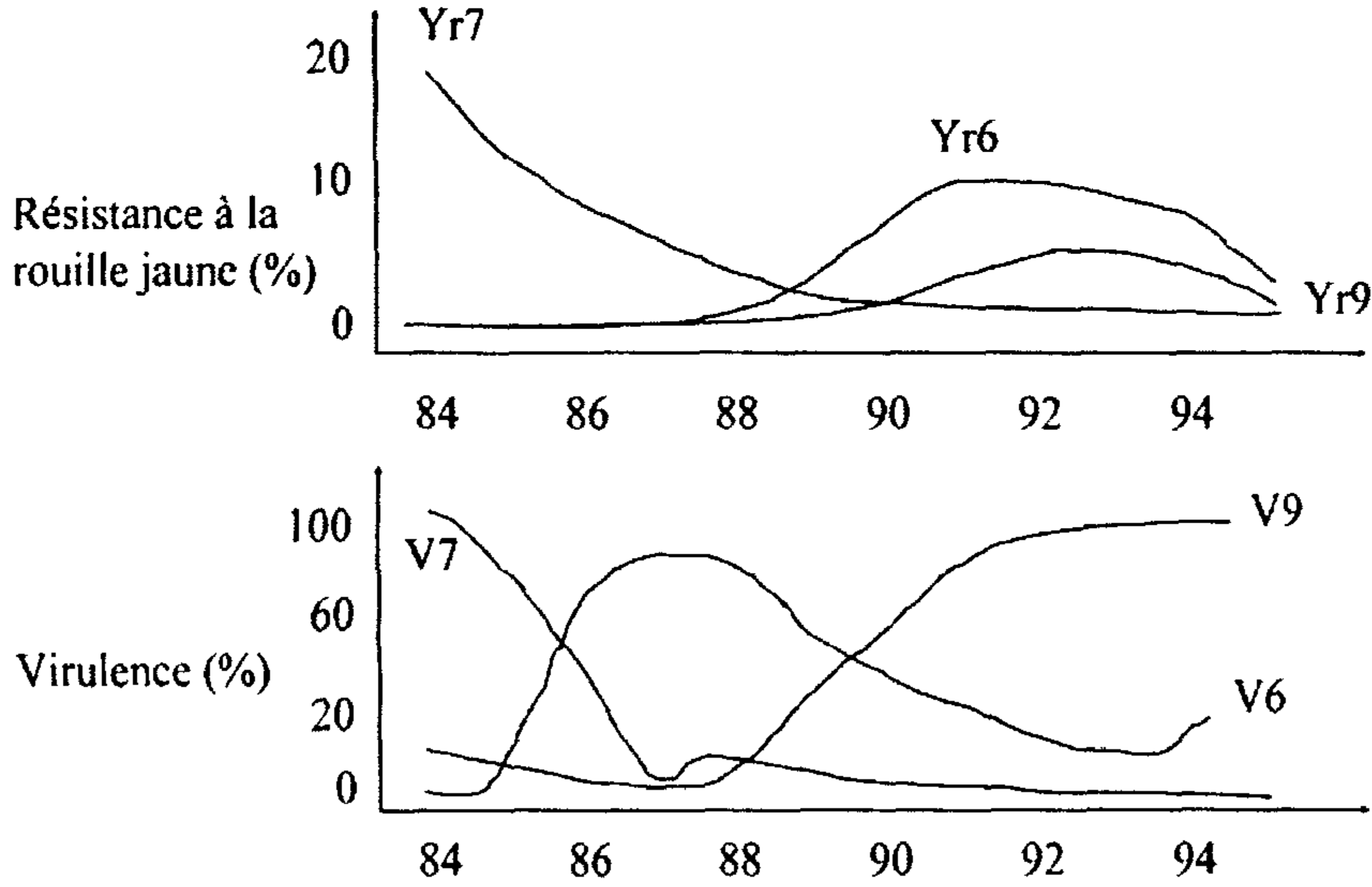
وبفضل تقنية البيولوجيا الجزيئية والهندسة الوراثية، أمكن لنا عزل شذرة من الحامض النووى المسئولة عن المقاومة فى سلالة من زهرة العربية *Arabidopsis italiana* وهو ما يفتح إمكانية تحديد طريقة عملها من خلال استغلال المعلومات الموجودة فى المقطع الخاص بها. طبقاً لهذه المعلومات يمكن أن نتنبأ بالجزيئات التى سوف يتفاعل معها منتج جينة المقاومة من أجل إطلاق رد فعل النبات الذى يضع حدوداً لتطور المرض. بالعمل على هذه الجزيئات يمكن لنا أن نطلق آليات الدفاع فى السلالات التى ليس لها جينة المقاومة. ولكن الهندسة الوراثية تسمح أيضاً بتجاوز حواجز النوع أو العائلة التى لم يكن من الممكن أن يتجاوزها علم الوراثة التقليدى وبالتالي إدخال هذه المقاومة فى نباتات أخرى غير زهرة العربية. وقد أمكن لنا فيما سبق، بفضل أدوات البيولوجيا الجزيئية والمعارف المكتسبة بفضل هذا التخصص، أن نزود النباتات بمقاومة للفيروسات أو للحشرات.

هناك مجال آخر يمكن للبيولوجيا الجزيئية أن تقدم فيه تحسينات بالنسبة للزراعة هو مجال مقاومة مبيدات الأعشاب الضارة. تؤدي الأعشاب الضارة إلى انخفاضات مهمة في المحصول ومبيدات الأعشاب هي الوسيلة الأكثر فعالية لمقاومتها. وتسمح مبيدات الأعشاب الانتقائية بتدمير الأعشاب الضارة دون المساس بالنبات المزروع ولكنها مكلفة جداً، واستخدامها حساس ومحدود الفعالية. وقد سمحت الهندسة الوراثية ببناء نباتات للزراعات الكبرى مثل نبات الكولزا أو الصويا التي تقاوم مبيدات الأعشاب الكلية، أي الفعالة ضد جميع النباتات. واستخدام هذه المبيدات في الحقل الحاضن للبذور لنباتات عابرة الأنواع مقاومة يسمح بالكفاح ضد مجمل الأعشاب الضارة بفعالية كبيرة.

وبالرغم من كل ذلك، توجد مشكلة لا يهتم بها بالضرورة عالم البيولوجيا الجزيئية، وهي مشكلة استمرارية الحلول التي يطرحها. في حالة النباتات عابرة الأنواع المقاومة للكائنات العضوية الدقيقة المسببة للمرض، فإن النبات المعدل جينياً سوف يشكل عنصراً معدلاً في نظام بيئي وكل تعديل جيني لعنصر ما سوف يستدعي استجابة من الكل ولاسيما من الكائنات العضوية الدقيقة المسببة للأمراض. وفي سكان الكائنات العضوية الدقيقة المسببة للأمراض سيحدث انتخاب للأفراد القادرين على مهاجمة النباتات العابرة للأنواع التي كانت مقاومة من حيث المبدأ. وتواجه علماء وراثية السكان هذه المشكلة منذ وقت طويل، فحين يتم إدخال جينات مقاومة في نباتات مزروعة بالمنهج الجيني التقليدي. يبين الشكل الأول (من أعمال كلود بوب دو فالفييل Claude Pope de Valvielle تطورا بين سكان نوع من الفطر المتطفل يسمى *Puccinia striiformis* مسئول عن الصدأ الأصفر للقمح، وتوافر الأفراد الذين يمتلكون القوة يجعله قادراً على مهاجمة أنواع مختلفة من القمح تحتوي على مقاومة موضوعة بها. ونلاحظ أن كثافة الأفراد الذين يمتلكون قوة معينة لا يتتبعون بنفس الطريقة في استجاباتهم لاستخدام مصادر مختلفة للمقاومة الجينية. وهكذا نلاحظ أنه بينما V6 الذي يسمح بمهاجمة النباتات التي تمتلك مقاومة YR6 يستجيب مباشرة لزراعة تنوعات YR6 أو لإيقاف استخدامها،



فإن كثافة V9 لا تتخفف مباشرة عندما تنخفض تنوعات YR9. إن زراعة التنوعات التي تمتلك مقاومة YR9 سوف تغير بصورة دائمة النظام البيئي.



شكل (١)

وهكذا ففائدة هندسة المقاومات الجديدة للأمراض ينبغي لها أن تتطور آخذة في حسابها احتمال التطور لدى الأجهزة العضوية المسببة لأمراض النبات phytopathogen لأشكال قادرة على تجاوز المقاومة. هذه الاحتمالية لن تكون هي نفسها بحسب البناء المنجز. ففي حالة مقاومة للأعشاب الضارة فإن الاستخدام الممكن لمبيد أعشاب كلى هو الذى من شأنه أن يغير النظام البيئي بانتخاب ظهور الأعشاب الضارة المقاومة. وهناك آلية ذات امتياز خاص لظهور الأعشاب الضارة المقاومة تتمثل في تبادل الجينات بين النباتات المزروعة والعشب الغضار. هذه الفيوض من الجينات هي آليات كبرى في وراثته السكان. هذه الإمكانيات التي تسمح بنقل الجينات تضع موضع المراجعة فعالية زراعة النباتات المقاومة لمبيدات الأعشاب الضارة نفسها.

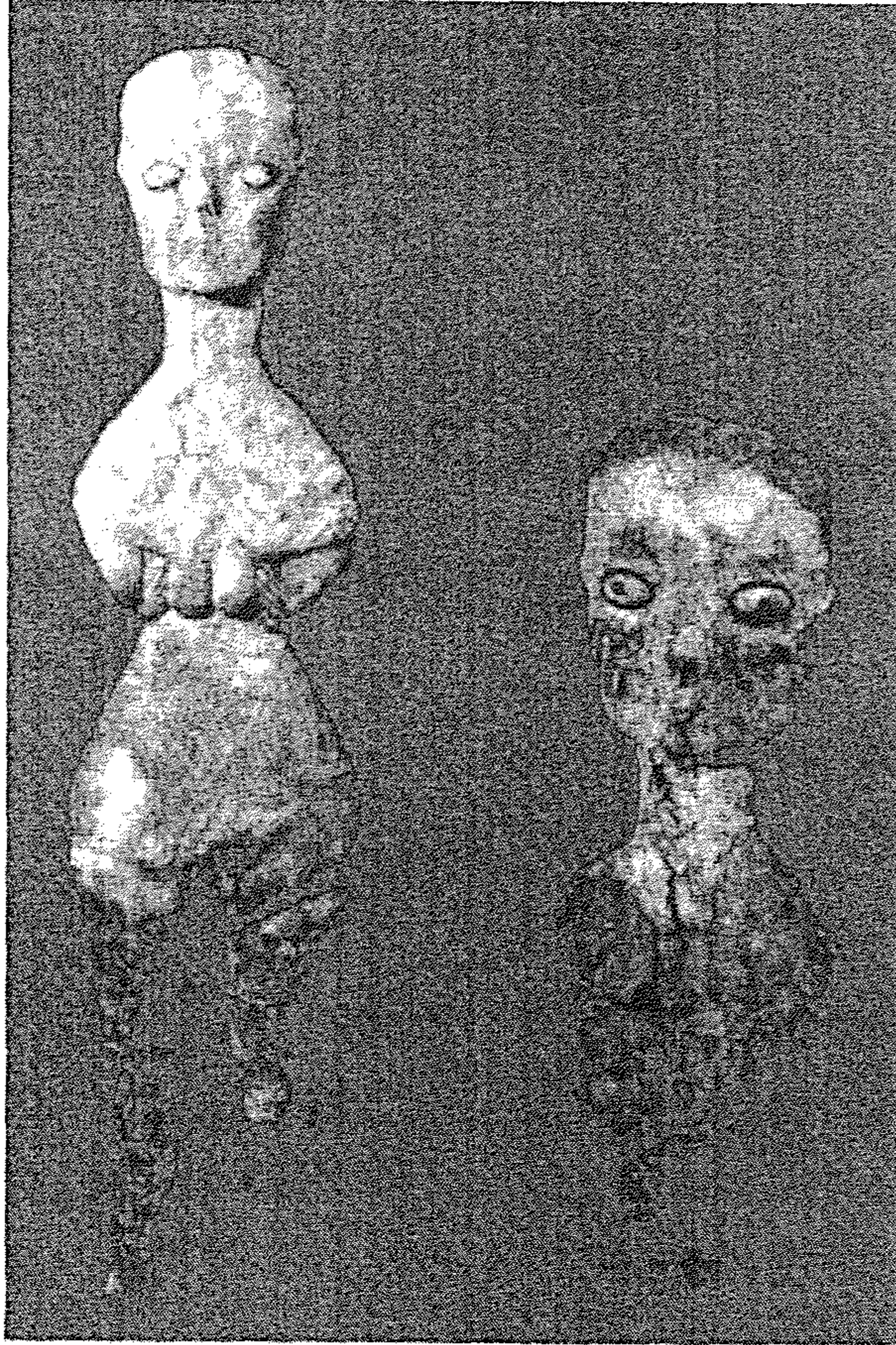
فى هذين المثالين، تسمح وجهات النظر المختلفة لعلماء البيولوجيا الجزيئية وعلماء وراثة السكان، بوجه عام، بتغذية الجدل حول جدوى هذه التكنولوجيا الجديدة فى التلاعب بالحي. ويضاف إلى هذا الجدل الاهتمام المولاه إلى مبدأ الاحتياط<sup>(١١)</sup> precaution الذى يطبق فى هذه الحالة على المخاطر المحتملة التى تتجم بشكل أساسى عن استخدام المقاومة للمضادات الحيوية من أجل إنتاج نباتات عابرة للأنواع أو بواسطة التعديلات غير المتوقعة لتحول النبات، الذى قد يؤدى إلى ظهور تحولات سامة. من المهم هنا الإشارة إلى أن دور المعاينة يتغير. لم يعد الأمر يتعلق بجدوى تقنية ولكن بمخاطر محتملة.

الجدوى والمخاطر ليست هى المعايير الوحيدة التى تؤخذ فى الحسبان كى يمكن لجدل الخبراء أن يغذى الجدل الديموقراطى. فى الحقيقة إن إدخال تقنيات جديدة لا يؤثر فقط على بيئة الإنسان وعلى استهلاكه، إنها تتفاعل بقوة مع البنى الثقافية والروحية للمجتمع. ولهذا فإن علماء الأنثروبولوجيا يوجهون انتباهنا إلى الأصداء العميقة التى ستطلقها فى نظامنا القيمى التلاعبات الجينية فى النباتات المزروعة. وبالفعل هناك أبحاث حديثة ناقشها ج. كوڤان J. Cauvin فى كتابه **مولد الآلهة، مولد الزراعة ثورة الرموز فى العصر الحجرى المتأخر**، تفترض أن ظهور الزراعة فى العصر الحجرى المتأخر قد سبقته ثورة رموز. يقول كوڤان: "إن ما نراه يطرح نفسه لأول مرة فى بلاد الشام فى حوالى ٩٥٠٠ قبل ميلاد المسيح، فى سياق اقتصادى يهيمن عليه الصيد والتقاط الثمار لم يتغير حتى عشية تحوله الكامل، هما شكلان رمزيان سائدان، المرأة والثور، اللذان احتفظا بالنجومية

---

(١١) القانون ٩٥-١٠١ حول تدعيم حماية البيئة (فرنسا ١٩٩٥)، مبدأ الاحتياط "وبمقتضاه لا ينبغى لغياب اليقين، مع الأخذ فى الحسبان المعارف العلمية والتقنية فى تلك اللحظة، أن يؤخر تبنى إجراءات فعلية ومتناسبة تهدف إلى الوقاية من مخاطر الخسائر الجمة والتى لا إمكانية للرجعة فيها التى تهدد البيئة إلى تكلفة اقتصادية مقبولة". تصريح وزارى للمؤتمر الدولى الثالث حول حماية بحر الشمال (١٩٩٠): "ينبغى على الحكومات الموقعة تطبيق مبدأ الاحتياط، أى اتخاذ إجراءات من أجل تفادى التأثيرات الضارة المحتملة لمواد (سامة)، حتى وإن لم يكن هناك دليل علمى قائم على العلاقة السببية بين الانبعاثات والتأثيرات".

خلال العصر الحجري المتأخر وعصر البرونز الشرقيين. (شكل ٢). وبالنسبة  
لكوفان هذا الظهور للمرأة في التمثيل الذي يسبق مباشرة ثورة العصر الحجري  
المتأخر يعد بمثابة دين جديد ذي آلهة في شكل إنسان. وبواسطة هذا الدين الجديد،  
تعرف الإنسان على نفسه، بطريقة ما، في كل ما يحيط به، بما أن مبدأ موحداً  
ومشخصاً يوفق على مستوى النشأة الرمزية بين الإنسان العيني والطبيعة التي  
يواجهها هو الخالق الذي خلق كلاً من الإنسان والطبيعة.



الشكل (٢)

وهذا يعنى إلى أى درجة تكون العلاقات بين الإنسان والزراعة مكون لتصور للعالم ومجاله الدينى، وإلى أى مدى تقلب التغيرات المتسارعة التى تجرى تحت أعيننا فى الزراعة، الطريقة التى يضع بها الإنسان نفسه فى الكون. ومع التلاعبات الوراثية وإضفاء الطابع الأداة على ما هو حى يتغير بعمق الرباط بين الإنسان والطبيعة المتمثل فى المجال الدينى للإنسان ويتغير بصورة واعية وسريعة. فالغذاء، حتى وإن كان مصنعاً، يحقق بصورة ملموسة ويومية هذا الرباط بين الإنسان والطبيعة، الذى تدمر الكائنات العضوية المعدلة جينياً شفافيته. ستغذى وجهات النظر المختلفة التى وضحتها سالفاً الجدل الديموقراطى. واتخاذ القرار السياسى بخصوص السماح بزراعة النباتات عابرة الأنواع، وخصوصاً لكونها متصلة بسلام من القيم والحساسيات الفلسفية والسياسية للمواطنين. وهم سيضيفون شرعية على هذه الاختلافات فى الحساسية وسلام القيم. وهكذا فإن رأى علماء البيولوجيا الجزيئية المجندين للتلاعبات الجينية هل سيجد صدى لدى شريحة السكان الأكثر ارتباطاً بالتقدم التكنولوجى. وعلى العكس، إنه لأمر بالغ الدلالة أن الإيكولوجيا تشير إلى تخصص علمى وفى الوقت نفسه إلى حساسية سياسية.

يمكن لنا أن نتساءل لماذا يُعدُّ علماء البيولوجيا البيئية عمومًا مجندين لاستخدام كائنات عضوية معدلة جينياً. إن تخصصهم العلمى نفسه والذى موضوعه هو توحيد العامل الجزيئى للوراثة مع الآليات التى بواسطتها نترجم المعلومة الوراثية إلى خصائص تشريحية، يؤهلهم إلى هذا التعامل الأداة مع الكائنات العضوية الحية الذى تمثله الهندسة الوراثية. ولكن كان يجب أن يخترع هذا العلم الأدوات الملائمة، على سبيل المثال فى عالم النبات أدوات ناتجة عن أبحاث معمقة حول بكتيريا قادرة على أن تحقق جزءاً من حامضها النووى فى النبات الذى تصيبه. إذن يؤثر التخصص كما يؤثر التطور التكنولوجى الذى يرافقه وبالقدر نفسه فى الباحثين يجعلهم مجندين للتلاعب فى الكائن الحى. أحد الأسباب هو بلا شك أن التطورات التكنيكية قد أدت إلى تكوين مركب علمى - صناعى تتسجه روابط متعددة فكرية ومالية. ومن المهم الإشارة، على العكس، أن جاك مونود

Jacques Monod أحد مؤسسى هذا العلم يختتم كتابه مقال فى الفلسفة الطبيعية للبيولوجيا الحديثة بمدىح لأخلاق المعرفة التى تحدد قيمة متجاوزة، هى المعرفة الحقة، وتقتصر على الإنسان ليس استخدامها ولكن، من الآن فصاعدًا أن يخدمها، عبر اختيار طوعى وواع.

إذا كان جدل الخبراء فقط هو الذى يُبلَّغ للمواطنين فإن الجدل الديموقراطى سوف يحسم أمره بشأن هذه النتائج على الحساسية السياسية لكل فرد وعلى مصالحه وموقعه فى المجتمع. الجدل الديموقراطى، إن حدث، سوف يعكس أساسًا الميدان الذى يتم فيه استقبال المعلومات. إن ثروة المعلومات التى تقدمها عملية المعاينة نفسها سوف يتم فقدانها. وعلى العكس إذا كانت المعلومات المنقولة للمواطنين تحاول أن تحيط بالجدل بين الخبراء وبتعدد وجهات نظرهم، فإن كل مواطن سيجب عليه أن يقوم بنفسه بعمل تأليفه الخاص بمواجهة وجهة نظره الخاصة بمجمل المعلومات التى يقدمها الخبراء. إن ثراء المعلومات المنقولة سوف يؤدي إلى ثراء أكبر فى رد فعل كل فرد وضرورة أن يبلور كل فرد تأليفه الخاص انطلاقًا من معلومات متعددة سوف يؤدي به إلى أن يتبنى تنوعًا أكبر فى وجهات النظر وسوف يقبل بسهولة مراجعة رؤيته الخاصة، بل حتى مراجعة سلم القيم لديه. وهناك مثال جيد على هذه المحاولة فى توصيل جدل الخبراء نفسه إلى المواطنين وليس نتائجهم فقط، هو مؤتمر المواطنين من ذلك النوع الذى نُظِم فى فرنسا عن الكائنات الحية المعدلة جينيًا فى يونيو ١٩٩٨. ولكن من البديهي أن يطرح حينئذ السؤال عن وسائل التوصيل باتجاه المواطنين لسجلات الخبراء هذه. إن دور الصحافة والتلفزيون ووسائل الاتصال الجديدة يمكن أن يكون مهمًا.

إن اكتشاف الصلات بين نظم القيم ووجهات النظر العلمية يمكن أن يقود المواطن إلى أن يعد أحكامه الخاصة كمراحل فى مسار للإمساك بالواقع. المسيرة العلمية تعتبر بالتأكيد أن تنوع وجهات النظر أمر مشروع، بل تعتبره لا غنى عنه لتقدم المعرفة وكان بول فاليرى Paul Valéry يقول: "إن وجهة نظر هى دائمًا

خاطئة". ولكنها لا تتوقف عند هذا الحد وتستهدف ما هو عام في ضرورة القوانين التي تصوغها.

في الجزء الثاني من مقالى، أود أن ألمح إلى أن المعاينة العلمية هي وسيلة فعالة لجعل المسيرة العلمية أكثر اقتراباً من المواطن.

بواسطة المعاينة العلمية، ليست نتائج المسيرة العلمية وحدها، كما رأينا، هي التي تغذى الجدل الديموقراطى، ولكن المسيرة العلمية نفسها التي يمكن أن تتقل قيمها إلى الجدل الديموقراطى وإلى الحياة فى المدينة.

نقطة أولى ينبغي التشديد عليها هنا هي أن المسيرة العلمية ليست لها طبيعة متجانسة بشكل عميق بالنسبة للعمليات المباشرة للإمساك بالواقع. بالنسبة لجاك مونود المسيرة الأساسية للعلم هي البحث عن الثوابت. "إن الاستراتيجية الأساسية للعلم فى تحليل الظواهر هي اكتشاف الثوابت invariants؛ كل قانون فيزيائى، مثل أيضا كل تطوير رياضى، يحدد علاقة ثبات؛ الاقتراحات الأكثر أساسية للعلم هي مسلمات كلية للحفظ. من السهل أن نرى، فى كل مثال نود اختياره، إنه بالفعل من الصعب تحليل ظاهرة ما بمصطلحات أخرى غير مصطلحات الثوابت المحفوظة بواسطة هذه الظواهر.

والحال أن الإمساك بالواقع المباشر يقوم هو أيضا على وجود ثوابت، وروابط ثابتة بين عناصر إدراكاتنا التي بدونها ستكون إدراكاتنا نفسها مستحيلة. "إذا كان الكبريت القرمزى cinabre (سلفات الزئبق) أحيانا أحمر وأحيانا أسود، أحيانا خفيف وأحيانا ثقيل. إذا تحول الإنسان إلى حيوان ما وأحيانا إلى آخر. إذا كان فى يوم طويل تغطت الأرض أحيانا بالثمار، وأحيانا بالثلج والجليد، فإن خيالى التجريبي لا يمكنه أبدا أن يجد فرصة لأن يتلقى فى الفكر الكبريت الثقيل مع تمثيل اللون الأحمر، أو إذا تم عزو كلمة معينة إلى شىء أو أحيانا إلى آخر، أو إذا كان



نفس الشيء قد تم تسميته أحياناً بطريقة وأحياناً بأخرى دون أن يكون هناك أى قاعدة محددة تخضع لها الظواهر من ذاتها، فإن أى تأليف تجريبى لإعادة الإنتاج لا يمكن له أن يحدث". بالنسبة لموريس كلافيل Maurice Clavel الذى يعلق على هذه الفقرة: "كل حدث فى حد ذاته، كل ظاهرة، كل موضوع ليس بسيطاً، هو نفسه رابطة وتأليف.. وتجميع لعناصر، لأجزاء، وبوجه خاص لخصائص حسية. إذن، إذا كانت الصدفة هى السائدة فإنها تسود فى كل مكان. وينبغى إذن أن تسود أيضاً وبوجه خاص على هذا التجميع لخصائص حسية: أى الوزن الثقيل واللون الأحمر للكبريت لا يمكنه أبداً أن يتم تجميعاً مستقراً، بحيث إن الكبريت بوصفه كذلك، لن يكون فقط غير معروف، بل لن يتم إدراكه أبداً". هنا - تظهر الصلة بين الإدراك والعلم. "العلم ليس ممكناً وجيد التأسيس إلا إذا استفاد من باب المعرفة، من هذا التفكير المسبق الذى بسببه يقتضى مجرد الإدراك؛ فى نسيجه، ليبدو لنا، الفهم أو على الأقل نظاماً وقوانين وقواعد متحدة فيما بينها".

إلا أنه فى الإدراك المباشر يوجد تواكب وثيق بين الفهم وقواعده والإمساك بما هو واقعى؛ فى المسيرة العلمية يوجد ذهاب وإياب مستمرين يعبر عنه فى النظريات، فى النماذج التى هى عمليات إعادة بناء/ ومقاربات متعاقبة لتناول الواقع. فيما يبدو لى أن عملية المعاينة يمكن بهذه المسيرة فى الإمساك بالواقع بواسطة العلم أن تدرك على أفضل وجه، وتكون قريبة من الجمهور. فى عملية المعاينة يوجد سؤال مطروح، وضع طارئ يدركه الجمهور. بالنسبة للباحث المنخرط فى العلم "الخالص" لأقصى حد، يكون السؤال المطروح أيضاً ملحاً بشكل دائم ولكن فى العادة هذا الشعور بالإلحاح لا يشاركه فيه الجمهور. هذه المسيرة فى التساؤل العلمى لا تظهر أمام المواطن، إما لأن السؤال المطروح يبدو له مجانباً، وإما لأن الهم فى توصيل العلم فى حالته النهائية يجعلنا نميل أكثر إلى تقديم النتائج التى توصل إليها الباحثون وليس سؤال البداية. وعلى العكس فى عملية المعاينة، سوف يدرك الجمهور أن محرك المسيرة العلمية هو التساؤل، ومسافة فاصلة عن الإدراك المباشر للواقع. بالإضافة إلى أنه فى المشكلات الخاضعة للمعاينة العلمية

على سبيل المثال، مشكلة زراعة الكائنات العضوية المعدلة جينياً تظهر الرهانات العلمية فى كل حدثها. إن الجدل حول المعاينة يبين المصلحة فى أسئلة كانت تبدو فيما قبل أكاديمية، على سبيل المثال أسئلة عن تبادل الجينات بين النباتات فى مستعمرات نباتية، ولاسيما بين النباتات المزروعة والنباتات البرية.

فى مسيرة المعاينة، يكتشف المواطن أن السمة التى لا غنى عنها فى الغالب للنماذج العلمية التى هى عمليات إعادة بناء قريبة من الواقع، والتى تدعو مظاهر القصور فيها إلى بناء نماذج تدمج معطيات جديدة. لقد رأينا أيضا أن هناك فى المعاينة، كما فى العلم "خالص" تنوعاً فى وجهات النظر. هذا التنوع يسمح بتناول تدريجى متناقض يتكون من ذهاب وإياب بين الواقع المستهدف كشفه والفروض والنماذج التى سوف تشكل المنتج النهائى للمعاينة.

هذا الذهاب والإياب الذى يعد من مكونات العلم يمكن أن ينقطع. وفى هذه الحالة يحدث انفصال دائم والنظرية بدلاً من أن تكون أداة فى خدمة رؤية الواقع تصبح شمولية وإيديولوجية.

وأستشهد هنا مرة أخرى بجاك مونود: "كان الفكر الغربى منذ مولده، فى الجزر اليونانية، منذ حوالى ثلاثة آلاف عام، منقسماً بين اتجاهين متعارضين فى الظاهر. وطبقاً لإحدى هذه الفلسفات لا يمكن للواقع الحقيقى والنهائى للكون أن يستقر إلا فى صور جامدة تماماً وثابتة فى جوهرها. وبحسب الفلسفة الأخرى، الأمر على العكس، الواقع الوحيد فى الكون يكمن فى الحركة والتطور. من أفلاطون Platon إلى وايتهد Whitehead ومن هيراقليطس Héraclite إلى هيغل Hegel وماركس Marx. من البديهى أن هذه النظريات الميتافيزيقية فى المعرفة كانت دائماً وثيقة الصلة بالأفكار الأخلاقية والسياسية لأصحابها. هذه الصروح الإيديولوجية التى تقدم بوصفها معارف قبلية كانت فى الواقع أبنية بعدية موجهة لتبرير نظرية أخلاقية - سياسية تم تصورهما سلفاً.

والمادية الجدلية أحد هذه الصروح الإيديولوجية التى قادت ليسنكو



Lyssenko إلى إنكار نظرية الجينات بوصفها محددات وراثية ثابتة عبر الأجيال. ويمكن أن نقول أيضا إن إلحاحًا حصرًا بصورة مبالغ فيها حول التنافس بين الأنواع أو الأفراد من أجل تفسير التطور، المستلهم بلا شك من النظريات الاقتصادية في هذه الحقبة، هو الآن يستخدم باسم العلم لتبرير صراع ضار من أجل الحياة في المجال الاقتصادي.

ينبغي إذن أن يقترن العلم بصورة مباشرة بزهد عقلي للتحقق من أن تفسيره للوقائع، وتنظيره لا يتم في خدمة إيديولوجيا. هذه القاعدة العقلية تبدو لي مدعومة في مسيرة المعاينة. هنا تصطدم النظرية المبلورة داخل تخصص معين ومستخدمه للتنبؤ بتطور على سبيل المثال، بوجهات نظر مختلفة لتخصصات أخرى، التي سمح لها بإدراك جوانب أخرى لنفس الواقع وبالتالي تقوم بتنبؤات أخرى. وهنا بما أن الأمر يتعلق باتخاذ قرار، لا يمكن لتخصص أن يزعم عزل نفسه. بالإضافة إلى أن مسيرة المعاينة تؤدي أو عليها أن تؤدي إلى التواضع، لأن إلحاحية السؤال المطروح تضطر إلى تقديم إجابة رغم كل مناطق عدم اليقين في المعرفة.

يبدو أن هذه الرؤية للعلم في مساره تغذي تعددية وجهات النظر وملزمة أن تقول شيئاً وهي تعلم أن إجابتها ذات طبيعة مؤقتة. تقدم نموذجاً جيداً للحياة الديمقراطية نفسها.

التساؤل، وضع العقل في خدمة إدراك الواقع العيني، ضرورة تعددية وجهات النظر، الطبيعة المؤقتة للمعرفة، هذه هي خصائص المسيرة العلمية التي تعرضها عملية المعاينة على المواطنين والتي يمكنها أن تفيد في إلهام الجدل الديمقراطي وحياة المدينة. القلق الدائم للباحث، وبحثه عن أسئلة جديدة ينبغي لها أن تكون سمات دائمة للحياة الديمقراطية بوصفها ترياق ضد رضا الأقوياء. إن الإغواء الإيديولوجي الذي ينبغي للعلم أن يحصن نفسه ضده، حينما يدور العقل حول نفسه دون أن يواجه على الدوام الواقع التجريبي، هذا الإغواء هو أيضا إغواء المجتمع المدني. لأنه إذا كانت هناك أرض يمكن للصروح الإيديولوجية

المقدمة بوصفها قبلية هي فى الواقع أبنية بعدية موجهة بتبرير نظرية أخلاقية -  
سياسية متصورة سلفاً، فهى أرض الحياة المدنية.

إن تعددية وجهات النظر التى تسمح وحدها بالتناول المثمر للوقائع المعقدة  
مثل تلك الخاضعة للمعاينة العلمية هى بداهة ضرورة حيوية للحياة الديموقراطية.  
ولنعد إلى الاستشهاد المقتبس من بول فاليرى، إن وجهة النظر هى دائماً خطأ، إنها  
تصبح أكثر خطأ بقدر ما تكون مفروضة بصورة خبيثة إلى حد ما؛ بواسطة أى  
ديكتاتورية كانت. وينبغى هنا أن نضيف أن النظريات العلمية نفسها يمكن أن  
تمارس ديكتاتورية.

أخيراً، وكما هو الحال فى مسيرة المعاينة، يتعلق الأمر بإعطاء إجابات فى  
غياب اليقين، فإن حياة المدينة هى أيضاً موقع لاتخاذ قرارات فى حالة طوارئ مع  
الاعتراف بالطبيعة المؤقتة للإجابة المقدمة. وهكذا فإن مسيرة المعاينة بتقريبها  
العلم من المواطن يبدو أنها تمنح دوراً جديداً للعلم فى المدينة. بعد زمن الثقة، الذى  
كان بلا شك نقدياً بصورة غير كافية، فى نتائج العلم لكى تقدم حلولاً لمشاكل  
البشر، ربما سنكتشف أو نعيد اكتشاف أن مسيرة العلم، بنفس القدر وربما أكثر،  
لديها ما تعلمنا إياه.

1. ROQUEPLO (P.), *Entre savoir et décision, l'expertise scientifique*, Paris, Sciences en question INRA Éditions, 1997.
  2. CAUVIN (J.), *Naissance des divinités. Naissance de l'agriculture. La révolution des symboles au néolithique*, Paris, CNRS Éditions, 1997, p. 46.
  3. MONOD (J.), *Le Hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris, Le Seuil, 1970, p. 133-134, 222.
  4. KANT (E.), *Critique de la raison pure*, Paris, PUF, 1944, p. 112-113.
  5. CLAVEL (M.), *Critique de Kant*, Paris, Flammarion, 1980, p. 457 et suiv.
- CHEVALLIER-LE-GUYADER (éd.), *Organismes génétiquement modifiés à l'INRA : environnement, agriculture et alimentation*, Paris, INRA, 1998.
  - LATOUR (B.), *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*, Paris, La découverte, 1999.
  - *Les plantes transgéniques. Enjeux et risques*. Lettre du Département des sciences de la vie du CNRS, avril 1997.

**العلم التقنى**  
**بين رهاب التكنولوجيا والولع بها<sup>(١٢)</sup>**  
**بقلم: جليبير أوتوا**  
**Gilbert HOTTOIS**

ترجمة: د. أنور مغيث

فى سنوات ١٩٥٠ كان بيير دو كاسيه Pierre Ducassé فيلسوف ومؤرخ التقنية، يؤكد على صعوبة التفكير فى التقنية بالنسبة للفلسفة، وكان يصف فى الوقت نفسه ثلاثة اتجاهات نمطية وإن كانت غير ملائمة: معاداة التكنولوجيا والولع بالتقنية واللامبالاة. وقدم الاتجاه الأول بوصفه نابعا من "تراث قديم جدا من الحر تجاه ما هو مصطنع" والثقة فى "النظام الطبيعى"، والذى نهل منه كثير من المفكرين التاريخيين والمعاصرين. وكان يرى أن الولع بالتكنولوجيا "هو من حيث تعريفه خارج الفلسفة". بما أنه ينطلق من مسلمة أن هناك حل تقنى لكل مشكلة، متبنيا بذلك موقفا انتحاريا من الناحية الفلسفية، وهو للأسف موقف مميز لعدد كبير من المفكرين الذين يتناولون التقنية بطريقة وضعية. أما فيما يتعلق باللامبالاة فإنها تقوم على وهم "حياد التقنية المزعوم"، حياد الوسائل الذى بلا أهمية بالنسبة للفلسفة المهمة بنظام الغايات. فاللامبالاة تصدر قبليا على كل مناقشة حول سؤال التقنية الذى هو فى نظرها بلا معنى.

ويلاحظ جان إيف جوفى Jean Yves Goffi فى تقديمه لفلسفة التكنولوجيا: "أن إحصاء المؤلفين الذين يوضعون فى القائمة الطويلة لرهاب التقنية المعاصر لا نهاية له" وهذا الحكم ينطبق بوجه عام على الفلاسفة والمتقنين الفرنسيين.

---

(١٢) نص المحاضرة رقم ١٩ التى أقيمت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٩ يناير ٢٠٠٠.

## رهاب التقنية واستقلال العلم التقنى technoscience

منذ منتصف القرن العشرين أثر مفكران فى فكر التقنية وهما جاك إيلول Jacques Ellul ومارتن هيدجر Martin Heidegger، المفكر الأول سوف يصبح بمثابة صورة نمطية من موقف معاد للتقنية وكاره لها، متهمًا إلى درجة الكاريكاتورية جانبًا من التقنية المعاصرة: الاستقلالية الممنوحة لتطورها. فقد كتب عام ١٩٥٤ فى **التقنية أو رهان القرن**: "التقنية مستقلة [...] أولاً بإزاء الاقتصاد والسياسة [...] التقنية تضع شروط التغيرات الاجتماعية السياسية والاقتصادية وتحض عليها، وهى محرك كل ما تبقى، رغم المظاهر ورغم كبرياء الإنسان الذى يزعم أن هذه النظريات الفلسفية ما زال لديها قوة مؤثرة وأن أنظمتها السياسية حاسمة فى التطور [...] الاستقلال يتجلى إزاء الأخلاق والقيم الروحية. الأخلاق تحكم فى المشكلات الأخلاقية، أما فيما يتعلق بالمشاكل التقنية فلا شىء أمامها تقوم به [...] الإنسان يشترك أقل فأقل بصورة نشيطة فى خلق التقنية التى تصبح نوعًا من القدرية بتكوينات آلية من عناصر سابقة".

### يتضمن استقلال التقنية أن:

- ما هو ممكن تقنيًا سيتحقق فى حركة من النمو الذاتى بدون هدف خارج ذاته؛ والبشر ليسوا إلا عوامل تطبق هذا الأمر التقنى القطعى.
- مفهوم التقنية بوصفه مجموعة من الوسائل فى خدمة الإنسان هو أسطورة.
- العلم التقنى واحد وعام وشامل وعابر بالنسبة للثقافات، فبالفعل -التقنية كوكبية-، والقوانين العلمية، عن حق، كونية عامة. المنطق التقنى العلمى الذى يختار لكل مشكلة الحل الأكثر فعالية يفرض نفسه فى كل مكان كما هو، رغم تنوع الثقافات والتقاليد التى يوظفها فى خدمته أو يلغيها؛ فهو إذن شمولى.
- التقنية والعلم لا يمكنه ما تشكيل ثقافة أصيلة، لأنها يقدمان حلولهما وكأنهما ضرورتان دون أن يتركا مكانًا لحرية اختيار بين ممكنات؛ إن ثقافة حقيقية هى دائمًا رمزية وتراثية متجذرة فى تاريخ ومكان محددين.

- التقنية إذن معادية للإنسانية، ولا حل سوى فى العودة إلى التراث، إلى حضارة الرمز والكلمة المسماة الحضارة المسيحية.

"إن ثقافة تقنية هى مستحيلة أساساً" هذا ما يشدد عليه إيلول فى عام ١٩٨٧ وهذا التعبير يمثل "إسرافاً فى المعنى وتعبيراً بلا معنى".

### نقد أسطورة استقلالية العلم التقنى

إن نقد أطروحة استقلال العلم التقنى قد تم بلورته أساساً انطلاقاً من اتجاهين فلسفيين مهمين: الفينومينولوجيا ومدرسة فرانكفورت.

من وجهة نظر الفينومينولوجيا، تعبر هذه الأطروحة عن وهم خطير، ينكر ما يتصف به العقل والحياة من ذاتية وتفاعل بين الذوات، وهى مصادر كل علاقة بالعالم بما فيها المقاربة التقنية العلمية التى تقدم نفسها على أنها موضوعية ومستقلة. ومؤخراً أعاد ميشيل هنرى Michel Henri تجديد هذا النقد فى مذهبـه عن فينومينولوجيا الحياة الذى يصف فيه الحضارة التقنية العلمية وكأنها "همجية" نابعة من محاولة من الحياة أو من الذاتية للتكرار لذاتها بتحويل نفسها إلى موضوعية من أجل ألا تعيش معاناتها وقلق شرطها. "حياة تنفى ذاتها بذاتها، النفى الذاتى للحياة، هذا هو الحدث العظيم الذى يحدد الثقافة المعاصرة بوصفها ثقافة علمية". إن إضفاء الطابع الاستقلالى على التقنية هو المولود الأخير لعملية ترجع على الأقل إلى تأسيس العلم الحديث الرياضى والتقنى الذى بدأ بوضع الذاتية بين قوسين. من وجهة النظر الفينومينولوجية إرادة الاستقلال إزاء الذاتية (البينية) محكوم عليها بالفشل والاعتقاد فى مثل هذا الاستقلال للعلم وللتقنية خطأ. هذا الخطأ والمأزق الذى يؤدى إليه من عوامل إفقار الإنسانية بل من عوامل موتها.

ومن منظور الفلسفة السياسية والاجتماعية المستلهمة من مدرسة فرانكفورت وكذلك من منظور التيار السوسيولوجى للبنائية constructivisme الاجتماعية للعلوم والتقنيات والذى ازدهر فى الولايات المتحدة انطلاقاً من سنوات ١٩٨٠،

يجدر إدانة أطروحة استقلال العلم التقنى لأنها وعى زائف تروجه بعض الشرائح فى المجتمع التى تجد فيه مصلحتها، أكثر منه وهم بئس مرتبط بمصير الوعى الغربى. التطوير التقنى العلمى تم دائماً اختياره والتخطيط له بواسطة البشر بطريقة سياسية واقتصادية وقانونية. إن إيديولوجيا استقلال هذا التطوير تلعب فى صالح أقلية اجتماعية ما تعرف بأنها "تكنو - رأسمالية" وتبرؤها من النتائج السلبية المحتملة للتقدم التقنى العلمى فى نظر باقى المجتمع. يتمثل الرهان حينئذ إذن فى النظر إلى أولئك الذين يعانون هذه الحركة دون القدرة على اتخاذ القرار ولا على إبراز مصالحهم. ينبغى إعادة امتلاك التطوير التقنى العلمى من قبل المجتمع بأسره وأن يقوم بالاختيارات التى توجهه كل المهتمين الذين تصل إليهم المعلومات بشكل متساو. والاختيارات يجب أن تتم على ضوء العقل العلمى الذى يعبر عن نفسه من خلال المناقشة المزودة بالحجج العامة والحرية. والأمر يتعلق بمثل أعلى لا يمكن تنفيذه "هنا والآن" ولكنه ألهم ويلهم دائماً خطابنا ومواقفنا. لا توجد إذن ضرورة ولا قدرية ولا آلية فى التطور التقنى العلمى. ولكن يوجد فقط قرارات جماعية واعية إلى حد كبير، وعقلانية وبلا ضغوط. وتفترض الفلسفة السياسية والاجتماعية المسلتهم من أعمال آبل Apple وهابرماس Habermas أن هذه القرارات يمكن وينبغى لها أن تصبح عقلانية أكثر فأكثر أى عامة وتحترم مصالح كل البشر. هذه العقلانية الكونية سمة تميز الحداثة المسماة "بالإنسانية" التى يواصلها جزء مهم من الفلسفة الاجتماعية والسياسية المعاصرة.

ولكن نقد أطروحة استقلال العلم التقنى لا يتضمن بالضرورة مثل هذا الموقف. ويرى أيضا فلاسفة من ذوى الاتجاه الجمعى أو ما بعد الحداثيين أن اتجاهات التطوير العلمية التقنية تنتج عن قرارات جماعية. ولكنهم مع ذلك يعتبرون أن جماعات مختلفة يمكن أن تقوم باختيارات علمية تقنية واجتماعية متنوعة، وأن الاختيارات واسعة إلى حد كبير ولكنها ليست عامة. والأمر العقلانى الذى يقترن من حيث المبدأ باستهداف ما هو كونى وهو نفسه ليس إلا الإيديولوجية الخاصة بتراث غربى معين، أى بجماعة معينة لم تتوقف عن مد سيطرتها على

الإنسانية خلال العصور الحديثة بمساعدة المعارف والقدرات التكنولوجية. كل هذه الفلسفات الاجتماعية والسياسية أدانها جاك إيلول الذى لا يرى فيها سوى توضيحات متنوعة وماكرة للعقلانية التقنية.

### رهاب التكنولوجيا عند هيدجر

يتضمن تصور هيدجر رد فعل تجاه العلم التقنى المعاصر مشابهاً لموقف جاك إيلول. ففي كتابه "مقالات ومحاضرات"، الذى يتضمن النص الشهير المعنون "مسألة التقنية" والمنشور عام ١٩٥٤ يقول ما هو جوهرى بخصوص المعنى العميق للتقنية البدائية والمعاصرة. يفسر هيدجر التقنية أو العلم التقنى المعاصر بوصفها حصيلة نهائية لتاريخ الوجود. الذى هو، ببساطة، تاريخ الطريقة التى أجاب من خلالها الإنسان، فى الغرب منذ ٢٥٠٠ سنة، على سؤال الفلسفة الجوهرى: ما الوجود؟ ما معنى الوجود؟ وعلى هذا كانت هناك إجابة أولى، أصلية وحقيقية، وصلت إلينا منذ فجر الفلسفة اليونانية، وهى: الوجود هو الطبيعة. الطبيعة هى ما ينمو، ويزدهر ويكشف الحجاب عن ذاته. الوجود بوصفه طبيعة، الطبيعة تحتوى الكل بما فيه الإنسان، لأن الكل لا يزدهر ولا يعمل انطلاقاً من ذاته. التقنية هى هذه المعرفة والعمل الخاصين بالإنسان الذى عليه أن يساعده على ازدهار وعلى الكشف عن كل ما هو، فى داخل الطبيعة، يحتاج لمساعدة الإنسان. هذه المساعدة التقنية ينبغى أن تحترم ذلك الذى تساعد على المجيء إلى ضوء الوجود. من حيث الأصل، الطبيعة إذن هى التى تمنح الإنسان دوراً مقترناً بالتقنيات.

ولكن عبر التاريخ الغربى، ومن خلال التأسيس الأفلاطونى للمثالية وللعلم النظرى المنفصل عن النشاط التقنى، وعبر التأسيس الديكارتى للعلم الحديث الذى يشدد على مشروع التحكم فى الطبيعة والسيطرة عليها من قبل الذات الإنسانية ويُعلى شأن الحساب على شأن اللغة، وأخيراً من خلال العدمية النيتشوية التى تجعل من كل قيمة تابعة لقرارات الذوات الحرة فى العمق لكن هذه الذوات مازالت



غير قادرة على أن تستهدف أى شىء سوى تنمية القوة ووسائل إنجازها، ضاع فى غمار كل هذا المعنى الأصلي للتقنية. إن العلم التقنى المعاصر لم يعد إلا التحقيق المادى الإجرائى لمشروع السيطرة المطلقة والشمولية التى تسم الميتافيزيقا. وهذه الميتافيزيقا تستيق، تحت الشكل التأملى والرمزى للمعرفة النظرية المطلقة، العلم التقنى المعاصر. وفى نهاية هذا التاريخ ماذا لدينا؟

مفهوم للطبيعة physis منظورًا إليها على أنها موضوع وعمليات، ومختزلة إلى رصيد من الطاقة والمواد القابلة للاستغلال دونما حد؛ ومفهوم للتقنية بوصفها مجموعة من الوسائل المسخرة للمخططات الإنسانية فى التلاعب والاستغلال الكونيين؛ وينطبق ذلك أيضا على الإنسان بوصفه جزءًا من الطبيعة الموضوعة والإجرائية. هذا هو المفهوم المركزى العرقى والأداتى للتقنية، المرتبطة بايديولوجيا النزعة الإنسانية الحديثة والعدمية المعاصرة.

هذا الاختزال لعلاقة الإنسان بما هو موجود إلى مجرد علاقة تلاعب عشوائى هى نتيجة لنسيان الوجود ولمعناه الذى يقترن بانسحاب الوجود. فى الحقيقة الإنسان مستمر فى انتمائه للوجود، لكن لم يعد يعرف ذلك. وهو فى آن يصنع ويتحمل هذا التاريخ الذى أدى بنا من التقنية الأصلية إلى العلم التقنى المعاصر. ويشير هيدجر إلى جوهر هذا العلم التقنى بكلمة Gestell التى تشير إلى فكرة البنية والنظام الذى يشمل ويسيطر ويعبئ كل شىء من أجل أدائه واتساعه الذى يحيل إلى ذاته، بما فى ذلك الإنسان نفسه. بهذا المعنى يمكن الحديث عن استقلال التقنية عند هيدجر. فهو من حيث الظاهر ليس إلا أداة فى خدمة الإنسان، لكنها تسخر الإنسان بقدر ما تسخر الطبيعة. إنها تدفع الإنسان إلى الاستغلال غير المحدود للطبيعة ولذاته. ولكن هذا الاستغلال هو فى الوقت نفسه وهم. يبقى العلم التقنى تابعًا للوجود، أو بتعبير أكثر دقة، إنها الصيغة الأكثر اغترابًا وتغريبًا لعلاقة الإنسان بالوجود فى وقتنا الحالى. وهى بشكل جذرى الطريقة غير الأصلية التى يجيب بها الإنسان، من الآن فصاعدًا، على سؤال الوجود ومعناه: من خلال إخفائه

تمامًا ومن خلال وضع نشاطه التلاعبى والحاسب والمسيطر واللامبالي بأى هبة للمعنى محل تأمله التذكرى.

ما المخرج من هذا المأزق التاريخي؟ إن الخلاص ليس متوقعًا على الإنسان وحده الذى لا يسعه سوى أن ينتظر قدوم المعنى أو عودته. لا ينبغي بداهة البحث عن الحل فى التقنية. فالخلاص فى فكر جديد وكلام جديد يعود إلى احترام اللغة التراثية والاستماع التأويلي herménéutique إليها. ويظل الخطر الأكبر كامنًا فى الإدراك التقنى العلمى أو التقنى للغة نفسها من خلال تطوير اللغات الاصطناعية والمعلوماتية والسيرنطيقية المنقطعة الصلة تمامًا عن أصلها التراثى والطبيعى. لأن اللغة هى، فى نهاية الأمر، وجود الإنسان ومقر الوجود العام. وفى الخلاصة، ينتقد هيدجر بحيوية العلم التقنى المعاصر الذى يعبر عن نزوة ضياع الإنسان وعن تخلى الإنسان عن كل ما له معنى وقيمة وتخلي كل ما له معنى وقيمة عن الإنسان: الوجود، الطبيعة، الله... إن هيدجر أقرب إلى نزعة أنصار البيئة الجذرية l'écologie profonde من النزعة البراجماتية العلمية التقنية والمركزية الإنسانية.

وكما هو الحال مع إيلول ومفكرين آخرين فإن الكلمة الأخيرة تكون للغة، لأن الإنسان هو الموجود عن طريق اللغة، والحيوان الرمزي، والذى لن يجد خلاصًا إلا فى التحمل الرمزي لوضعه، وليس فى إعادة التكوين الإجرائية اللانهائية لهذا الوضع. ولكن، خلافاً لإيلول، يظل هذا الخلاص الرمزي، لدى هيدجر، غير محدد: إنه لا يحبز تراثًا بعينه، مثل الدين المسيحى، لأن طرق اللغة لا تحصى ولا تعد.

### فلسفة مولعة بالتقنية وإنسانية

فى نهاية سنوات ١٩٥٠ قدم الفيلسوف جيلبير سيموندون Gilbert Simondon أطروحته عن التحول إلى الفردية ولا سيما فى كتابه "عالم وجود الموضوعات التقنية"، الذى يظهر موقفًا مولعًا بالتقنية وإنسانيًا معروضًا بالتفصيل

فى مؤلفات لاحقة، ولا يسقط فى الانحرافات الاختزالية الخاصة بنزعة التشيع للتقنية والنزعة العلموية. يعرض سيموندون لكراهية التقنية ونزعة معاداة التقنية بوصفها ثقافة مخلة وغير موافقة للزمان، وهو ما يشبه التشخيص الذى طرحه س. ب. سنو C. P. Snow فى محاضراته عن "الثقافتين" (الأدبية والعلمية) فى عام ١٩٥٩. الثقافة التقليدية، ذات الهيمنة الأدبية، والمستمرة فى تكوين النخب، ليست ملائمة للاستيعاب والضبط الاجتماعيين للعالم التقنى العلمى المعاصر. إنها تحتوى تمثيلات للتقنية ولعلاقة الإنسان بالعالم الطبيعى والتقنى تم تجاوزها، مثل على سبيل المثال تمثيل التقنية فى صورة حقيبة أدوات ضخمة، فى حين أن التقنية تتشكل بصورة متزايدة بوصفها شبكة منهجية وشاملة. عدم قدرة الثقافة السائدة على استيعاب العلم التقنى المعاصر تولد سلسلة من النتائج الضارة: مقاومات، خلل فى الأداء، شعور بالاغتراب والقلق يمثل رهاب التقنية تعبيراً عنه. يؤدى عدم القدرة هذا إلى انفصال بين من يعرفون وبين كل الآخرين غير الأكفاء من الناحية العلمية التقنية. ويؤدى الانفصال من جانب إلى التنامى الفوضوى للتقنيات التى لا تستطيع أى ثقافة مشتركة وضع ضوابط لها، ويؤدى من جانب آخر إلى انطواء رجعى للثقافة التقليدية التى تستقل بنفسها هى الأخرى، باعتبارها أنها لم تعد فى اتصال بالواقع التقنى العلمى. وهذا الوضع بالنسبة لسيموندون ليس قدراً محتوماً: ليست التقنية أو العلم التقنى فى حد ذاتها لا ثقافية أو معادية للثقافة ولكنها غير قابلة للاستيعاب بواسطة ثقافة عفا عليها الزمان.

ويتوقف العلاج الذى يقترحه سيموندون لأزمة الحضارة المعاصرة على تطوير ثقافة فى اتصال بالعالم وتتضمن تمثيلاً ملائماً للتقنية والعلم، بواسطة عمل فى مجال المعلومات والتعليم والتفاعل الثقافى مشابهاً للعمل الذى أنجزه عصر التنوير ورجال الموسوعة فى القرن الثامن عشر. سيكون لمثل هذه الثقافة أثراً عالمياً لأنها تتضمن قوانين للعلم والتكنولوجيا هى نفسها كونية، ومستقلة عن العقائد والإيديولوجيات الخاصة بكل جماعة إنسانية. إذا كان سيموندون مستعداً للاعتراف باستقلالية التكنولوجى فإنها تكمن فى الاعتراف بالوجود الموضوعى للموانع

والمعايير الفيزيائية والتقنية الفيزيائية المستقلة عن الذاتية الإنسانية والتي تجعل من كل ترتيب غير قابل للحياة، وأنه يوجد، لغاية معينة وفي محيط معين، ترتيبات تقنية فيزيائية متفاوتة الأداء والفاعلية. ويثق سيموندون في التقدم التقنى الذى يرى أنه يُحرّر، ليس فقط من العبودية للطبيعة والمادة، ولكن أيضا من الاستبداد السياسى والإيديولوجى للجماعات الخاصة. ويشدد سيموندون على أن أول فكر حر كان فكر الفلاسفة الأوائل الفيزيائيين والمهندسين والأفراد القادرين على مواجهة الموضوعية الفيزيائية التقنية التى تنتزع المرء من خصوصية الجماعة السياسية.

"طاليس Thalès، أنكسمندر Anaximandre، أنكسيمانس Anaximène كانوا قبل كل شيء تقنيين. وعلينا ألا ننسى أن أول ظهور لفكر فردى حر وتأمل منزّه عن الغرض هو من عمل التقنيين أى البشر الذين عرفوا كيف يخرجون عن الجماعة بواسطة حوار مباشر مع الطبيعة [...] الأفراد الأحرار هم الذين ينجزون البحث ويؤسسون بذلك لعلاقة مع موضوع غير اجتماعى [...] الإنسان ليس فقط حيوان سياسى zoon politikon ولكن أيضا حيوان تقنى zoon technikon وتواصل التقنية ممهور بسمّة الكونية.

هذا الوضع المحب للتقنية والإنسانى الذى يشدد على أبعاد التحرر والكونية قريب من المثل الأعلى للحدثة. وسيموندون لم يدرك بشكل كاف، فيما يخص العلاقة بين التقنيات والمجتمع، مناسبات التفسير "ما بعد الحداثية" الموجودة فى بعض الجوانب من عمله الذى يلح أيضا على تنوع الفردية وأهمية الممكنات والاحتمالات والتفردات، إلخ.

ويظل سيموندون مفكراً تقليدياً على أساس أنه يؤكد أن دور التقنيات يتمثل فى تعديل العالم الفيزيائى والسيطرة عليه وإعادة بنائه، أى المحيط الخارج عن الإنسان، ولكن ليس الإنسان نفسه. فالإنسان لا يقبل التعديل أو التحسين إلا على المستوى الرمزي أو الثقافى. فعن طريق ثقافة جديدة أو تطور للثقافة يستوعب رمزياً وسطاً تم تعديله بواسطة التقنيات الجديدة يمكن للبشر أنفسهم ويجب عليهم

أن يتطوروا. الفقرة التالية المأخوذة من كتاب عن عالم الموضوعات التقنية، (ص ٢٢٧) واضحة في هذا الشأن: "بعبارة أخرى، ليس الواقع الإنساني وعلى وجه الخصوص ما ينتمي لهذا الواقع هو ما يمكن تعديله، أى الثقافة [...] التى يجب أن تتدرج فى التقنيات كمادة يمكن العمل عليها، إنما الثقافة هى التى ينبغى عليها أن تدمج المنظومات التقنية بمعرفة طبيعتها، من أجل القدرة على تنظيم الحياة البشرية وفق هذه المنظومات التقنية. ينبغى أن تظل الثقافة فوق مستوى أى تقنية، ولكن عليها أن تدمج فى محتواها معرفة المخططات الحقيقية للتقنية والحدس بها".

بهذا المعنى يظل سيموندون مناصراً لتقنيات وعلوم عصره وهى فترة لاحقة على التطور الهائل للتكنولوجيا الخاصة بالاتصالات، والبيوتكنولوجيا والتكنولوجيا البيوطبية. هذه التطورات فرضت على جدول الأعمال مسألة التحول الموضوعى والإدراك الإجرائى التقنى العلمى لما يمكن أن نسميه الوسط الفيزيائى الأقرب للفرد والإنسان بوجه عام وهو الجسد الإنسانى، بما فى ذلك المخ والجينوم. إمكانية مثل هذا الإدراك وهذه التعديلات التقنية الفيزيائية التى يسمح بتصورها لا تجيب عن سؤال: "ما الإنسان؟" إنها على العكس تطلقه بطريقة تؤدى إلى الدوار. وتحيله إلى حرية خلاقة ومكتشفة، متعددة إلى ما لا نهاية، مؤدية فعلها بطريقة موازنة فى الابتكار الرمزي والتقنى الفيزيائى لمستقبل الإنسانية. كما تتضمن أيضا مخاطر من ضروب الاغتراب والسيطرة والتحكم التقنى الفيزيائى للمجموعات الإنسانية بحسب صيغ مختلفة وربما تكون، بصورة خطيرة، أكثر فعالية من الشموليات الإيديولوجية. بالنسبة للجدل الذى أثار المثقفين الألمان ثم الفرنسيين خلال الشهور الأخيرة من القرن العشرين (انظر: *Le Monde des débats*, octobre 1999) والذى وضع بيتر سلوترديك Peter Sloterdijk، الذى جرؤ على مساءلة النزعة الإنسانية الرمزية فى مواجهة يورجين هابرماس الذى شجب الجنون الفاضح للأنثروبوتكنولوجيا يكون موقف سيموندون هو بلا مواراة أقرب إلى هابرماس. بالرغم من أن سيموندون يسعى إلى المصالحة فإنه يظل يفكر من خلال الازدواج التقليدى الذى يميز بين التقنية والثقافة، المادة والروح، الفيزياء والسيكولوجيا. إنه

يضع التقنيات المادية فى آن فى داخل الثقافات وفى خارجها، لأنه يواظب على مطابقة هذه الثقافة بما هو رمزى وباللغة التى لا يعترف لها بطبيعة مادية وتقنية حساسة، أى بما يتسم بالابتكار والاصطناعية. وفى حدود ما يتبنى سيموندون العقلانية الحديثة، فإنه يقف عند حد إمكانية التعدد ما بعد الحدائى للإنسانيات التقنية الرمزية، مطوراً بصورة متنوعة التكنوعلوم فى اقتران بالخلق الرمزى الذى هو نفسه متنوع أيضاً.

وسوف نتناول هذا الاتجاه الأخير انطلاقاً من فيلسوف وطبيب وعالم أخلاق أمريكى وهو هـ. ت. إنجلهاردت H. T. Engelhardt والذى يعبر عن موقف نصفه بأنه مولع بالتقنية وتطورى.

### العلم التقنى وما بعد الحدائى:

#### حب التقنية التطورى

هذه فقرة من الكتاب الرئيسى لإنجلهاردت: "نحن لم نعد ندرك أنفسنا بوصفنا مركز الأشياء، ولكن بوصفنا أحياء على كوكب تافه، يدور حول نجم غير ذى شأن، عضو فى مجرة من المجرات التى لا حصر لها [...] اتضح أن طبيعتنا ناتجة عن الصدفة [...] منذ أن أصبح الطب والعلوم البيولوجية الطبية بشكل متزايد وسائل لتعديل وإعادة صياغة الطبيعة البشرية، صرنا معنيين ليس فقط بما يجب على الرجال والنساء أن يفعلوه، ولكن بما يجب أن يصيروا إليه وبالطريقة التى يمكن لنا بواسطتها أن نعدل من أنفسنا. مثل هذا الاختيار يتضمن قيماً أخلاقية وجمالية وغيرها [...] وكذلك رؤى حول ما هو طبيعى وغير طبيعى. [...] هناك مسافة بيننا بوصفنا أشخاصاً وبيننا بوصفنا بشراً. هذه المسافة هى الفجوة بين كائن يفكر ويتلاعب وموضوع تفكيره وتلاعبه. وانطلاقاً من منظورنا بوصفنا أشخاصاً لهم تفسيرات ورؤى وآمال خاصة، نستطيع أن نقرر ما إذا كان موضعنا هو الأفضل فى الكون. وإذا كنا نجده غير كاف يمكننا أن نضع خطاً لتغييره. [...] فى المستقبل، سوف تتنامى قدرتنا على إخضاع الطبيعة البشرية والتلاعب بها وفقاً

لأهداف موضوعة بواسطة أشخاص. [...] وإذا فكرنا على المدى البعيد فإن هناك تعديلات مهمة لا يمكن تفاديها طالما بقينا نوعاً حراً ويتقدم تقنياً [...] على المدى الطويل، لا يوجد سبب للتفكير في أن هناك نوعاً واحداً سيخرج من نوعنا. بل يمكن أن يوجد أنواع بقدر ما توجد هناك فرص تدعو إلى إعادة صياغة الطبيعة البشرية جوهرياً في أوساط جديدة، أو لن توجد أسباب لرفض الانخراط في هذا الطريق".

نزعة الولع بالتقنية ما بعد الحداثية والتطورية في قطيعة مع العقيدة الحديثة في (البحث والتنمية التكنولوجية) (RDTS (Recherches et Développement Technoscientifiques) الواحدة والكونية والمحركة لتقدم الإنسانية. هذا المفهوم ليس إلا تعبيراً عن أسطورة خاصة متعلقة برؤية العالم وبالتاريخ الغربيين. فبدلاً من التفكير في العلم التقني والاعتقادات المرتبطة به باعتبارها فوق التاريخ، من الأجدر إذن فهمها على أنها متجذرة في تراث وفي جماعة محدودتين، أيًا كانت السيطرة التي تمارسها هذه الجماعة على الجماعات الأخرى، لأن هذه السيطرة ليست أكثر من مجرد عرض تاريخي عابر لا يمكن لأي قانون متعال أن يضيف عليه الشرعية. تتضمن إعادة النظر هذه في سياق العلم التقني أيضاً فكرة التنوع. في جماعات وتراثات ثقافية مختلفة، يمكن أن نتصور البحث والتنمية العلمية التقنية متعددة وانتقائية تبعاً لضروب من المخيال ومن إضفاء السمة الرمزية والقيم والأهداف المتنوعة. الإنسانية ما بعد الحداثية المستقبلية تتفتح على ازدهار تطوري يجمع بحرية التقنيات مع الرموز.

يحيل هذا التنوع التقني الرمزي في آخر الأمر، حسب ما يرى إنجلهارت، إلى الفرد بوصفه شخصاً، والذي يحدده بواسطة استقلاليته وقدرته على الاختيار بحرية. إنهم إذن الأشخاص الذين يقررون أن يجتمعوا في مجموعات بقدر ما يشتركون في قيم وغايات متشابهة. الشخص لا يتحدد بشكل فيزيائي معين، مثل الجسد على سبيل المثال، أو بالشكل الإنساني الخاص بأعضاء النوع البشري. ولهذا السبب فإن الشخوص والجماعات المكونة بحرية يمكنها تماماً جعل الأجساد

البشرية موضوعات وتقوم بتعديلها، لصالح أفراد يقبلون مثل هذه العمليات بل ويطلبونها.

ويشير جان فرانسوا ليوتار Jean Francois Lyotard أيضا إلى الإدراك الإجرائي للجسد بواسطة العلم التقنى ولكن تقديره نقدي: فهو يميل إلى إدانة هذه الموضوعة العلمية التقنية بوصفها محصلة لمشروع السيطرة الخاص بالحادثة الذى تخلت عنه. "العلم التقنى ينجز المشروع الحداثى، يجعل الإنسان من نفسه سيّداً على الطبيعة ومالكاً لها. ولكن فى نفس الوقت تهز الطبيعة دعائم الإنسان بصورة عميقة: لأنه تحت اسم "الطبيعة" ينبغى أن نضع أيضا كل مكونات الذات الإنسانية: نظامه العصبى، وشفرته الجينية، وحاسوبه الدماغى، ومدركاته البصرية والسمعية، ونظمه فى الاتصال ولاسيما اللغوية وتنظيمه للحياة فى جماعة، إلخ. وفى النهاية يمثل علمه والعلم التقنى الخاص به هو أيضا جزءاً من الطبيعة".

لا يشير هذا الاستشهاد إلى موضوعة الجسد بما فى ذلك المخ والجينوم فحسب ولكن أيضا إلى الموضوعة التكنولوجية للقدرات العلائقية للذات المكونة للذاتية وللفاعل بين الذوات: اللغة والعيش المشترك. هذا الوصف يضع فى خيلاء نهاية للتعارض بين الثقافة الرمزية واللغة - الفكر من جانب، والتقنية والطبائع الفيزيائية والمادية من جانب آخر. كل شىء، وبما فى ذلك مجموع كل ما يتعلق تقليدياً بالعقل وبالهوية وبالمتعالى وبغير المادى - يكتسى طابعاً طبيعياً ومادياً يقبل التدخل التقنى العلمى. وجميع أزواج المفاهيم التى تبنى التراث الفلسفى (بما فى ذلك الحادثة) تصير حينئذ غير ملائمة. ولكن إذا التزمنا بهذا الخط فى الفكر بصورة جذرية سوف يكون من الصعب الاحتفاظ بفكرة الذات المستقلة، اللهم إلا بوصفها خيالا موروثا من تراث معين (الحادثة تحديداً). إن هذا الخيال نفسه قد يحتوى على خطر أن يذهب أكثر فأكثر بالمعتقدات والقيم والمثل العليا التى تعمل على تفعيل التراث النابعة منه والتى تشكل أسس مفهوم الشخص بوصفه ذاتاً مستقلة. يضع الاستشهاد المأخوذ من إنجلهارت ما بعد الحادثة التكنورمزية فى أفق زمانى - مكانى أكثر اتساعاً، أفق تطورى مفتوح على الزمان والمكان الكونيين



وإصفاً الطبيعة الأرضية والتاريخ الإنسانى من منظور مستقبلى. هذا المنظور يتسم بمداه الطويل واتساعه - وما زالت فلسفته العملية بعيدة عن استيعاب النتائج والاقتضاءات الخاصة بالتصرف والفعل الإنسانين.

إنه يشدد على عابرية وعرضية أشكال الحياة وكذلك على سمتها التحولية والتطورية، وعدم قابليتها للتوقع وتعدد ضروب المستقبل الممكنة، ودور المصادفات الهادم والخالق، وهى مناسبات لبلورة كونية جديدة ولتواريخ خارقة. إنه يشدد أيضاً على الابتكارية الإنسانية ودور البشر فى اختراع المستقبل. كما يدعو إلى إدراك تعالى النوع الإنسانى بصيغة الجمع وبصورة تقنية رمزية.

إن أفكار ما بعد الحداثة التقنية الرمزية تفتح المستقبل بلا حد، وتضاعف الأمل وتبقى على روح المغامرة والخلق والاستكشاف والتطور والانبهار. خارج هذه الأفكار، لا يوجد سوى مستقبل من العدم الفيزيائى على المدى المتوسط أو الطويل يتراءى أمام النوع الإنسانى. ومع هذه الأفكار لا يُعدُّ خطر هذا العدم التام والنهائى أمراً مستبعداً. ولكنه يكف عن أن يكون المصير المحتوم الذى تصل إليه اليوم التخيلات الميتافيزيقية واللاهوتية التقليدية التى لا تعترف للبشرية إلا بتعال رمزى. ولكن ما بعد الحداثة ينبغى أن تكون فعلياً ما بعد حداثة، أى أن تُبنى على قاعدة مضمونة من ترجمة ما هو جوهرى فى المثل العليا الحداثية إلى وقائع، حيث إن البشرية مازالت حتى اليوم بعيدة عنها. علاوة على ذلك تُدخل ما بعد الحداثة همّاً خاصاً بالذاكرة وبالحفاظ على ضروب الماضى التى ورثناها: ماضى أشكال الحياة والتنوع البيولوجى، ماضى الثقافات الرمزية أو التنوع اللغوى، ماضى التقنيات أيضاً أو التنوع التقنى. الحداثة لا تثير هذا الهم؛ بل إنها على العكس كانت تستهدف إزالة الماضى التاريخى من أجل بناء عقلانى للمستقبل. إن ما بعد الحداثة تضع نفسها تحت علاقة ثروة ما هو متعدد ضد الهوس الأحادى العقلانى للحداثة. ينبغى لما بعد الحداثة أن تستهدف تقليل المعاناة، ليس فقط معاناة البشر كما كانت تريد الحداثة، ولكن معاناة جميع الأحياء. ينبغى أن تكف المعاناة عن أن تكون أحد

المختبرات الأساسية للمستقبل، وللتعالى وللإبداع. ولكن ما لا تستطيع ما بعد  
الحدث أن تكونه، هو مجال من الفوضى ينتهى القوى فيه بالسيطرة وحده مدمراً  
كل الغيريات التى تبحث عن تأكيد ذاتها لذاتها. إن عالماً بهذه الصورة لا يزداد  
ثراءً، بل على العكس يزداد فقراً؛ هذا الخطر الدائم للعنف البائس هو الذى يجب  
على الإحالة المستمرة للمثل العليا العقلانية للحدث أن تُذكر به باستمرار: أفراد  
ومجتمعات العالم ما بعد الحدث. ولكن هذه الإحالة نفسها لا يمكن لها أبداً أن  
تصير إضفاءً لشرعية سيطرة عقل محدد وضعه التاريخ فى موضع القوة.

## المراجع:

1. DUCASSÉ (P.), *Les Techniques et le philosophe*, Paris, PUF, 1958.
2. GOFFI (J.-Y.), *La Philosophie de la technique*, Paris, PUF, 1988, p. 11.
3. ELLUL (J.), *La Technique ou l'enjeu du siècle*, Paris, Armand Colin, 1954, p. 121-123.
4. ELLUL (J.), *Le Bluff technologique*, Paris, Hachette, 1987, p. 175-182.
5. HENRY (M.), *La Barbarie*, Paris, Grasset, 1987, p. 93.
6. HABERMAS (J.), *La Technique et la science comme idéologie*, Paris, Denoël, 1968.
7. HEIDEGGER (M.), *Essais et conférences*, trad. fr. : Gallimard, 1958.
8. SIMONDON (G.), *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1969.
9. SNOW (C.-P.), *The Two Cultures and a Second Look*, Cambridge University Press, 1969.
10. *L'individuation psychique et collective*, Aubier, 1989, p. 262-265.
11. ENGELHARDT, *The Foundations of Bioethics*, Oxford University Press, 1996, p. 412-413, 417.
12. LYOTARD (J.-F.), *Le Postmoderne expliqué aux enfants*, Paris, Galilée, 1988.

## أخلاقيات البحث العلمى

على الإنسان<sup>(١٣)</sup>

بقلم: آن فاجو-لارجو

Anne FAGOT-LARGEAULT

ترجمة: د. أنور مغيث

يمكن لنا جميعًا أن نكون يومًا موجودين داخل بروتوكول من البحث: سواء في حالة مرض (أغلب المرضى المصابين بالسرطان أو الإيدز منخرطين اليوم في بروتوكولات تجريبية، وينطبق الأمر على أمراض أخرى كثيرة)، أو حتى لأننا، رغم عدم كوننا مرضى، نتقدم طوعًا للاشتراك في تجارب (على سبيل المثال) لأمصال جديدة، أو حتى لأننا حينما كنا ندرس علم النفس في الجامعة، كنا نحصل على درجات إضافية في الامتحان إذا قبلنا الخضوع لاختبارات تجريبية، إلخ. وبحسب تقدير لوزارة الصحة الفرنسية، بتاريخ ١٩٩٦، يوجد في فرنسا، - في البحث البيولوجى الطبى وحده - على الأقل ٨٥٠.٠٠٠ شخص فى العام خاضع لبروتوكول. إنه إذن ليس وضعًا نادرًا. ومن الممكن أن ندعى للمشاركة فى "لجنة استشارية لحماية الأشخاص فى البحث البيوطبى": وهو الاسم الفرنسى للجان أخلاق البحث التى تفحص البروتوكولات قبل تطبيقها. ما الذى يجب أن يعرفه كل مواطن بخصوص البحث العلمى على الكائن الإنسانى، كى يمارس حقوق المواطنة وواجباتها؟ الفكرة التى تقود هذا المقال يمكن أن تكون مستعارة من تقرير اللجنة الاستشارية القومية الفرنسية للأخلاق: "البحث عن معرفة الكائن الإنسانى بطريقة

---

(١٣) نص المحاضرة رقم ٢٠ التى أقيمت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٠ يناير ٢٠٠٠.

علمية أمر محمود، ولكن هذا لا ينبغي له أن يتم على حساب العدالة والأمان واستقلالية الأشخاص".

### أطروحة بيير شارل بونجران Pierre-Charles Bongrand (١٩٠٥)

ترسم لنا شهادة طبيب شاب، طالب بمدرسة الصحة في سلاح البحرية وكان يعمل في معهد باستور وناقش في عام ١٩٠٥ أمام كلية الطب بمدينة بوردو أطروحة عنوانها: **عن التجريب على الإنسان، قيمته العلمية وشرعيته**، لوحة حية عن المشاكل المثارة حول التجريب في بداية القرن. الملاحظة الأولى لبونجران: التجريب الإنساني موجود. كان كلود برنار Claude Bernard (١٨١٣-١٨٧٨) يقول إن الطب ينبغي له أن يصبح تجريبيًا: وقد كان. حمل باستور Pasteur (١٨٢٢-١٨٩٥) إلى الطب "الدقة التجريبية للكيميائي". واتخذت فكرة الطب العلمي مسارها. إن الطب في المعمل يبقى بالتأكيد في أغلب الأحيان طب "حيوان التجريب cobaye، والأرنب والكلب والفأر"، ولكن لا يمكن لنا دائمًا أن نطبق نتيجة الحيوان على الإنسان". هناك إذن تجارب أجريت على الإنسان "بهدف حب الاستطلاع العلمي وحده". وقد اقتصر بونجران على التجارب الخاصة بالأمراض المعدية، وبحث عن تقاريرها في الصحف الطبية. فهذه التجارب بالفعل ليست خفية: بل هي منشورة في الصحافة المتخصصة (ويقدم بونجران أكثر من مائة مرجع).

سيقال إن الأطباء قد أجروا دومًا تجارب على مرضاهم مثلهم مثل المربين الذين يجرون دومًا تجارب تربوية على الأطفال. ولكن قديمًا كانوا يقومون بذلك بطريقة إمبريقية أي حالة بحالة دون إستراتيجية حقيقية في البحث. ما هو جديد، هو فكرة طب يعمل بصورة منهجية، ويتحكم في نتائجه، ولا يعم انطلاقًا من حالة أو حالتين ولكن بحسب قواعد الاشتمال الإحصائي.

الملاحظة الثانية لبونجران: يشعر الأطباء بنوع من التوتر مع هذا الطب العلمي، حينما يطبقونه على الإنسان. النتيجة هي أنهم يجربون بطريقة سيئة، تدعو

للخجل، إما متسترين بذرائع علاجية وإما دون علم الأشخاص الذين يجرون التجارب عليهم. ويتردد بونجران بين الشعور بالفزع والشعور بالإعجاب: "يوجد بشر أعطوا لأنفسهم الحق المفزع فى استخدام لحم بشر آخرين وكأنه أداة فى معمل [...] وسوف نتساءل إذا ما كنا أمام جرائم أو أمام محاولات جريئة نحو الحقيقة خارج الدروب المطروقة للقانون والأخلاق السائدة. سوف نتساءل عما إذا ما كانت أخطاء ينبغي عقابها أو جهودًا ينبغي تشجيعها".

ما الذى اكتشفه بونجران فى الأدبيات الطبية؟ يبين بونجران أنه تم إجراء تجارب خطيرة عن طريق إدخال أمراض معدية إلى أفراد "حتى نرى"؛ وأن ذلك قد تم أحياناً دون علم الأشخاص المعنيين، أو دون التماس رأيهم؛ وقد تم إجراء تجارب على نساء حوامل وعلى أطفال وعلى فقراء فى المستشفى العمومى وعلى سجناء، وللأسف كثير من التجارب المذكورة قيمتها العلمية ضعيفة لا تسمح باستخلاص نتائج موثوق بها.

#### أمثلة:

- طاعون - ديجينيت Desgenettes لَقَّح نفسه بالمرض دون نتيجة. وايت Whyte لَقَّح نفسه بالمرض أيضا عام ١٨٠٢، ومات به (٨٠) [...] وتم نقله إلى سجينين أثناء وباء القاهرة عام ١٩٣٥. نتائج إيجابية (٨١).

- الحصبة - هوم Home فى عام ١٧٥٨ نقل المرض بنجاح بإيعاز من مونرو Monro، من دم تم الحصول عليه من بقعة مصابة بالحصبة (٢٩) [...] تيمن Themmen فى عام ١٨١٦، بإيعاز من تيوسنج Thuessing نقل بدون نجاح لمجموعة من الأطفال دموغاً ودماً ومخاطاً أنفياً وعرقاً وقشوراً معدية من مرضى (٢٩).

- زهرى - بادوفا Padova نقل، بلا نتيجة، لبن مريضة بالزهرى لأربعة من الرضع الأصحاء (٥١). [...] وقام فوس Voss فى مستشفى كاليينكين

Kalinkine، بنفس التجربة على أربعة من العاهرات الموافقات (أعمارهن، ١٣، ١٥، ١٦ سنة). نتيجة واحدة إيجابية (٥٢).

- ملاريا - قام جراسى Grassi وبينيانى Bignani وباستيانيللى Bastianelli بحقن أشخاص أصحاء ببعوض الملاريا نقلوا إليها المرض من خلال بعوضة جعلها تلدغ قبل ذلك بعض المرضى. أصيب الأشخاص المحقونون بالملاريا. ولكن هذه التجارب تمت فى الريف الرومانى موطن الملاريا (٨٥).

- الحمى الصفراء - "اعتقد دومينجو فيريير Domingo Feriere أنه وجد فى عام ١٨٨٣ جرثومة الحمى الصفراء [...] أدخل المؤلف إلى ستين شخصاً سائلاً من مزرعة مخففة لهذا الميكروب؛ أصيب ثلاثون مات منهم ثلاثة عشر (٧٤). [...] فينلاى Finlay فى نفس الفترة كان يشتبه فى إمكانية نقل الحمى الصفراء بواسطة البعوض وللتحقق من نظريته أجرى فى ١٨ أغسطس ١٨٨٣ التجربة الآتية: أحد اليسوعيين، الأب U، قدم نفسه متطوعاً، لم يكن قد مر على مجيئه إلا عام واحد فى مزرعة للطائفة لم تظهر فيها أى حالة من الحمى الصفراء منذ سبعة أعوام. تم حقن المتطوع ببعوضة كانت قد لدغت من يومين مضياً مريضين بالحمى الصفراء فى حالة خطرة فى اليوم السادس لإصابتهم بالمرض. وبعد فترة حضانة مدتها ثمانية أيام ظهرت حمى صفراء خفيفة استمرت ستة أيام (٧٥)". ويأسف بونجران للتجارب التى تمت على النساء والأطفال والفقراء والمحتضرين. ويقبل بسهولة معبراً بذلك عن رأى السائد فى عصره التجريب على "البلهاء" أى على المتخلفين عقلياً، وعلى المحكوم عليهم بالإعدام مقابل تبديل العقوبة، وعلى الخطرين المبعدين إلى جزيرة كاين Cayenne، ودافعه هو أنه على كل حال هذه الحيوانات ضائعة ومن المستحسن أن تفيد فى شىء.

ولكن توجد نقطة لا يتهاون بشأنها بونجران. إذا قبلنا بضرورة التجريب فينبغى أن يتم بشكل صحيح، أى عن طريق متابعة خطة تجريبية وتحت إشراف

جماعى، من خلال إحلال لجنة علمية محل المجرب الفرد. هل يلزم التجريب؟ نعم يلزم، إذا قدرنا أنه من الخير أن نعمل على تقدم المعرفة حول الأمراض الإنسانية لأن التجريب الحيوانى لا يكفى لتعريفنا بالأمراض الإنسانية. ولكن هذا الخير المأمول لا يمكن أن يبرر استخدام وسائل غير أخلاقية. هل التجريب على الإنسان مقبول أخلاقياً؟ للإجابة على هذا السؤال أجرى المؤلف تحقيقاً حول مدى قبول البحث العلمى على الكائن الإنسانى. سأل رجال قانون وقساوسة وراعى كنيسة، وفلاسفة وأطباء وكتاب روايات تحتوى شخوصها على أطباء.

قال له رجال القانون الذين سألهم إن العمل التجريبى يمكن أن يُعدَّ "أعمال عنف وجروح وقتل"، ويُعاقب بناء على ذلك. وقد حكمت محكمة ليون فى عام ١٨٥٩ (بدفع غرامة) على أطباء أدخلوا مرض الزهري إلى طفل عمره عشر سنوات، كان قد دخل المستشفى ليعالج من الحساسية. وبعض الأطباء قامت الصحافة بفضحهم مثل "هذا الطبيب الذى كان يستغل نوم مرضاه ليحققهم بالسرطان". (وبمناسبة تجربة من هذا النوع فى الولايات المتحدة فى سنوات ١٩٦٠ طرحت الإشكالية الأخلاقية البيولوجية). رغم ذلك كانت الملاحظات القضائية للأطباء نادرة. وتجاربهم تحظى بالتسامح من جانب المجتمع. وكان بونجران يتمنى أن يكون هناك عقد بين الخاضع للتجريب والمجرب، يضمن الموافقة المسبقة للخاضعين للتجربة، ويقر بتعويضات ممكنة إزاء الأخطار المترتبة. وقد أنكر محاوروه صلاحية مثل هذا العقد ورأوا أنه ينتهك "القوانين التى تهم الصالح العام والعادات الحسنة".

إذا كان القانون عاجزاً نسبياً، ماذا تقول الأخلاق؟ أدان الطبيب الكبير تروسو Trousseau، فى كتابه العيادات الطبية بالمستشفى العام، التجارب التى تتم "بهدف حب الاستطلاع المذنب"، ولاسيما إذا مورست على "مرضى فى الرعاية" أى مقيمين بالمستشفى. ولكن الأطباء بوجه عام قليلو الحديث عن الموضوع. علماء اللاهوت أكثر تصريحاً. وطبقاً لرأيهم ليس من حق أحد أن يعرض حياته



للخطر إذ سيعد ذلك انتحاراً. فى المقابل تعريض النفس لبعض الأخطار من أجل العلم أمر مسموح، على شرط أن يكون المرء موافقاً. ولكن أن يهب المرء شخصاً آخر للعلم ليس أمراً مقبولاً. ويستخرج بونجران من الشهادات التى جمعها فكرة أن البحث يتضمن تضحية من الفرد للجماعة التى تعد فى حد ذاتها غير أخلاقية ولكن يمكن أن يكون لها قيمة إذا كان الفرد حرّاً فى قراره. إن قبول هذا النوع من الخطر من دلائل عظمة الإنسان، وهذا هو حال كل مهنة خطيرة (رجال مطافئ، شرطة، إلخ)، وهذا لا يمكن أن يُفرض بالقوة (فهو يرفض على سبيل المثال فكرة التآمر من أجل البحث).

ويختتم بونجران أطروحته قائلاً إن على المجتمع أن يكف عن "إغماض عيونه" على التجريب الطبى، الذى يجب أن يسمح به بشروط معينة، وأن استخدام العقد يسمح بالإقلال مما هو مكروه فى الأبحاث الضرورية؛ وأن أسوأ المسالك هو "الجهل الوديع الذى ارتضينا به". هذا "الجهل الوديع" سوف يستمر عملياً حتى الحرب العالمية الثانية.

### الوضع فى نهاية القرن العشرين

فى مقابل الوضع الذى وصفه بونجران نحن لم نعد نتعرض اليوم لخطر الخضوع للبحث دون علمنا، على الأقل فيما يخص البحث البيولوجى الطبى. فمن حيث المبدأ، فى جميع أنحاء العالم، الأشخاص المطلوبون للبحث البيولوجى الطبى يتلقون معلومات مسبقة، ويوقعون على استمارة بالموافقة. فهى لا تمثل بالضبط عقداً كما كان يتمنى بونجران، لأن للأشخاص الخاضعين الحق فى إيقاف مشاركتهم فى أى وقت، دون تقديم تبرير، ودون التعرض لأى جزاء. ولكنهم لا يمكنهم أن يجهلوا أنهم خاضعون للتجريب لأنهم يوقعون على شىء ما.

من جهة أخرى، العادة (الموجودة بالتأكيد منذ زمن قديم) فى التجريب على الأشخاص المحرومين من الحرية، وعلى المحكوم عليهم، قد تم التخلّى عنها. بدافع

أن موافقة مثل هؤلاء الأشخاص ليست مستقلة. هذا التخلي حدث مؤخراً، لاحقاً على توصية من اللجنة الأمريكية لحماية الذوات الإنسانية في البحث البيولوجي - الطبي والسلوكي (١٩٧٦). وحتى سنوات ١٩٧٠، كان البحث البيولوجي الطبي على السجناء ممارسة معتادة، ولاسيما في الولايات المتحدة؛ وقد اعترض سجناء على انقطاع هذا البحث لأنهم كانوا يحظون ببعض الامتيازات من قدوم الباحثين إلى معيشتهم في السجن، وكانوا يحتجون لأن لهم من الرأي ما يسمح لهم بأن يقرروا بأنفسهم ما إذا كانوا يرغبون في المشاركة في هذه التجارب أم لا.

البحث على أشخاص لا يتمتعون بحصانة كافية (أطفال، نساء، حوامل، أو مرضعات، متخلفين عقلياً في مؤسسات) خاضع في كل مكان لشروط صارمة، وهو ليس مسموحاً به إلا بالنسبة لأمراض تخص فئات من الأشخاص المذكورين، وعلى شرط أن تكون درجة المخاطرة ضعيفة. ولكن الذي ظل مستمراً هو التمييز الذي يتعرض له الفقراء ويستمر أساساً في شكل تمييز بين الشمال والجنوب أي في استغلال لسكان العالم الثالث لصالح البحث الذي يفيد أساساً البلاد الصناعية. كما يتخذ أيضاً، في نهاية قرننا العشرين، صيغة فقدان اهتمام باحثي البلاد الغنية بالآلام الخاصة بالبلاد الفقيرة. إذ توجد قليل من الأبحاث على الملاريا والدودة الشريطية والبلهارسيا والجذام، بالنسبة لاحتياجات البلاد النامية.

وهناك جهد مهم من التفكير الأخلاقي قد تم منذ الحرب العالمية الثانية. يوجد اليوم أخلاق للبحث العلمي على الإنسان، مسجلة في نصوص مرجعية قومية وعالمية.

هل يوجد إطار قانوني لممارسات البحث؟ تتعدد الحلول من بلد إلى آخر. في بعض البلاد يرجع التشريع إلى توصيات لجان الأخلاق، وبلاد أخرى لجأت إلى وضع قواعد؛ وفي فرنسا تم إصدار قوانين. على أي حال، في جميع البلاد تقريباً اليوم، تخضع بروتوكولات البحث البيولوجي الطبي لفحص لجان الأخلاق والبحث في المستشفيات أو في المحليات قبل تطبيقها.

هنا يوجد نوع من الإشراف الديموقراطى على طريقة البحث، التى جعلت البحث يخرج من وضع شبه السرية الذى تطور فيه منذ قرن من الزمان.

ولننظر إلى حالة فرنسا. فالقانون الفرنسى لعام ١٩٨٨ الخاص بـ"حماية الأشخاص الذين يقدمون أنفسهم للبحوث البيولوجية الطبية"، يسمح بشكل صريح بالبحث البيولوجى الطبى، لأهداف علمية، على الكائن الإنسانى. هذا الدور التصريحي للقانون ساهم فى جعل البحث العلمى نشاطاً لا نخفيه:

مادة: 209-1 -L. "المحاولات والتجارب المنظمة والممارسة على الكائن الإنسانى من أجل تطور المعارف البيولوجية أو الطبية مسموح بها حسب الشروط التى يقرها هذا الكتاب وسوف يطلق عليها فيما يلى اسم "البحث البيولوجى الطبى". [...].

من بين الشروط التى تسمح بإجراء البحث: موافقة الأشخاص الخاضعين للبحث، ويُنصُّ على أن تكون هذه الموافقة كتابية بقدر الإمكان. والنص يضع اقتضاءات صارمة حول طبيعة المعلومات التى يجب أن يتلقاها الأشخاص: L. 209-9 - قبل إجراء بحث بيولوجى طبى على شخص ينبغى الحصول على الموافقة الحرة والمستتيرة والمتعمدة لهذا الشخص بعد أن يقوم المجرب أو الطبيب الذى يمثله بتعريفه بـ:

- هدف البحث، ومنهجه ومدته.

- الفوائد المنتظرة، العوائق والمخاطر المتوقعة، متضمناً حالة إيقاف البحث قبل موعده.

- رأى اللجنة المذكورة فى المادة 209-12 L. من القانون الحالى [...].

يُطلق على لجنة أخلاق البحث فى فرنسا اسم خاص (مختصر CCPPRB):

مادة 209-12 L. - قبل إنجاز بحث بيولوجى طبى على الكائن الإنسانى، كل مجرب ملزم بأن يخضع المشروع لرأى إحدى اللجان الاستشارية لحماية الأشخاص فى البحث البيولوجى الطبى التى يدخل فى اختصاصها الإقليم الذى يمارس فيه المجرب نشاطه.

نتيجة لهذا القانون تحسنت كثيراً النوعية العلمية والإنسانية للتجارب على الإنسان. وحل الشعور بالفخر بالتجربة محل الشعور بالخجل.

وقد بُذِلَ جهدٌ في تقديم معلومات للجمهور منذ عدة سنوات. ينص ميثاق الممارسة الاستشفائية، والذي يُعَلَّقُ ملخص له اليوم على جدران المؤسسات العلاجية، على أن "المريض الموجود بالمستشفى ليس مجرد مريض ولكن، وقبل كل شيء، شخص له حقوق وواجبات (لائحة الدوافع). من بين هذه الحقوق والواجبات أن يكون الشخص مهتمًا بإمكانية أن يُطلب منه الخضوع لبحث. ومبدأ الموافقة المسبقة لازم لكل الإجراءات علاجًا أو بحثًا (فصل ١٧) ويعاد التأكيد عليها في حالة البحث (فصل ٧): "[...] أى عمل طبي لا يمكن أن يُمارس دون موافقة المريض، فيما عدا الحالات التى تستلزم فيها حالته هذا العمل الذى ليس له القدرة على الموافقة عليه. هذه الموافقة ينبغى أن تكون حرة وتتجدد مع كل عمل طبي لاحق. وينبغى أن تكون مستتيرة، أى أن يتم إعلام المريض مسبقاً بالأعمال التى سيتعرض لها، والمخاطر المتوقعة بصورة عادية، فى وضع المعارف العلمية والنتائج التى يمكن لهذه المخاطر أن تؤدى إليها [...] (فصل IV - "عن المبدأ العام للموافقة المسبقة") قبل أى إنجاز لبحث بيولوجى - طبي على شخص ينبغى الحصول على الموافقة الحرة والمستتيرة والمُتعمَّدة فى إطار الاحترام الصارم للقانون رقم ٨٨ - ١١٣٨ [...]". (فصل V - عن الموافقة المخصصة لبعض الأعمال).

### تطوير أخلاق البحث على الإنسان خلال القرن العشرين

هذه النقطة التى تم التعرض لها تفصيلاً فى المحاضرة، ليست محل عرض هنا. ويمكن للقارئ أن يجد فى موضع آخر عناصر تتعلق بتاريخ النصوص الدولية المرجعية (٦ و ١١).

## المبادئ الكبرى: أخلاق مركبة

المبادئ الأخلاقية الثلاثة الكبرى للفلسفة الأخلاقية التي تمثل أساساً لأخلاق البحث على الإنسان تم بلورتها بواسطة اللجنة القومية الأمريكية في تقرير بلمونت (١٩٧٨). وقد تبنتها التوجيهات الدولية لمنظمة الصحة العالمية OMS-CIMOS. ومن المفيد التذكير بأن هذه المبادئ عامة جداً (إنها تصلح لمواقف أخرى غير البحث) وأنها ترتبط بتقاليد فلسفية مختلفة، ولا تمثل أخلاقاً تشكل نظاماً بديعاً ما علينا "سوى تطبيقه". للمبادئ الثلاثة نفس القدر من الأهمية (فلا تراتبية عندهم)، وفي الممارسة يمكن أن يكون هناك صراع.

مبدأ احترام الأشخاص في استقلالية قرارهم يرتبط بالتراث الأخلاقي عن الواجب (أخلاق المهنة *morales déontologiques*) التي تحكم على القيمة الأخلاقية لعمل معين من خلال السمة التعميمية (أم لا) لهدفه المقصود، (هل يمكن لى أن أرغب أن يفعل الجميع نفس الأمر؟). القيمة الموجودة في الخلفية هنا هي حرية الذات الأخلاقية التي تتساءل عما يجب الرغبة فيه، والجماعة الأخلاقية تشمل كل الكائنات "العاقلة"، أى أولئك القادرين على الحكم بأنفسهم على ماينبغي عليهم عمله. وهناك صيغة مشهورة لهذا المبدأ هو الأمر الكانطى: "افعل بحيث تعامل الإنسانية في شخصك وفي شخص الغير في الوقت نفسه كغاية وليس مجرد وسيلة". تتبع قاعدة الموافقة من هذا المبدأ، مثل قاعدة عدم الكذب. أن نُعلم شخصاً بما ننتظره منه ونطمئن إلى موافقته يعنى إظهار الاحترام له. وهذا لا ينطبق فقط على الخاضعين للبحث. فالباحث الذى يتلاعب به رئيسه فى العمل هو باحث لا يحظى بالاحترام.

مبدأ الإحسان (أو عدم الإساءة) يرتبط بتراث أخلاق الخير والسعادة. هذه الأخلاق تُسمى نتائجية *conséquentialistes* لأنها تحكم على النوعية الأخلاقية لفعل ما بالخير (أو بالشر) الذى ينتج عنه. والقيمة الخلفية هي الرفاهية، والجماعة الأخلاقية تشمل هنا كل الكائنات التى تحس سواء سببنا لهم الضرر أو الألم. يقدم

جون ستيوارت ميل J. S. Mill صيغة كلاسيكية لهذا المبدأ: "الأفعال حسنة أو سيئة بحسب ميلها إلى زيادة الرفاهية أو إلى إنتاج الشقاء".

ينشأ الكثير من قواعد الأخلاق الطبية عن هذا المبدأ. من الجانب السلبي (عدم الإساءة)، إنه الحكمة القديمة ("أولاً عدم الإيذاء")، وما يقترن بها من قواعد الحذر، ومن الجانب الإيجابي (الإحسان)، كل العناية الطبية في تقديم العلاج، وما يرتبط بها من القواعد العلاجية. الاختيار الصعب أمام الطبيب - الباحث هو أنه لا يستهدف نفس الخير بوصفه باحثاً وبوصفه طبيباً، ومصلحة العلم لا تتوافق دائماً مع الشعور بالرفاهية لدى الأشخاص الخاضعين للبروتوكولات. وهو ما يسبب صعوبة الموازنة (التي يحلها تقرير بلمونت Rapport Belmont) بين المخاطر/ والفوائد الخاصة ببحث معين.

مبدأ العدالة، أو الإنصاف يرتبط بنظريات أخلاقية لا تهتم بوضع معايير للأفعال الفردية بقدر ما تضمن تعايشها السلمي. وأخلاق البحث على الإنسان تأتي أساساً من مشكلات العدالة التوزيعية، أي مشكلات الاقتسام المنصف. لقد تم التوقف عن إجراء أبحاث تغذية على مرضى عقليين في مستشفى نفسي (كان سكان ملاجئ المجانين يساهمون كثيراً فيما مضى في الأبحاث حول الفيتامينات، على سبيل المثال) لأنه تم الاعتراف بأنه من الظلم أن نضع على عاتق مجموعة سيئة الحظ عبء البحوث التي من المفترض أن تفيد كل البشر، ويمكن لها أن تتم على بشر عاديين. في المقابل سيكون هناك عدم إنصاف إذا لم تجر أبحاث حول الأمراض النفسية بمساعدة المرضى العقليين.

يترتب على مبدأ العدالة قواعد عدم الاستغلال مثل تلك التي صاغتها منظمة الصحة العالمية. وهكذا ليس من حق أحد أن يجري تجارب لدى آخرين مالا يريد أن يجريه لديه. أو أيضاً: من غير المقبول أخلاقياً أن تقوم بلد غنى بتجربة مصل في بلد فقير وحين يصير المصل فعالاً يفيد أساساً (على سبيل المثال بسبب تكلفته العالية) سكان البلاد الغنية.

مراعاة كل هذه المبادئ معاً ليس أمراً سهلاً. فعندما تطلب إحدى البلاد النامية، التي لا يحظى فيها مرضى الإيدز بأى علاج فعال، أن يجرى على سكانها تجارب لأمصال، فهل على باحثى البلاد المتقدمة الذين يعملون فى مجال إعداد الأمصال أن يقبلوا انطلاقاً من حرصهم الإنسانى (الإحسان) أو يتراجعوا إزاء احتمال الاستغلال (عدالة)؟ وبوجه عام حينما يتقدم أشخاص تطوعاً لتجارب عالية الخطر (كما هى الحال عام ١٩٩٧ حينما أعلنت مجموعة أمريكية استعدادها للخضوع لتجربة مصل ضد الإيدز من خلال لقاح حى مخفف)، هل يجب قبول طلبهم حتى وإن كان الثمن هو إنكار وضعهم بوصفهم أشخاص مسئولين؟ وهناك اختيار صعب شائع يتعلق بـ "تعويض" الأشخاص الخاضعين للبحث: من الظلم ألا يستفيد الأشخاص الخاضعين للبحث من أى امتياز تعويضاً لهم على تفانيهم، ولكن إذا كان التعويض كبيراً عُذَّ تحريضاً على الاشتراك، وهو ما يجعل الموافقة غير صالحة.

إن الحكم الأخلاقى يبحث مع كل حالة على حدة على نقطة التوازن بين الاقتضاءات المختلفة التى تليق بالوضع على أفضل وجه، وهذه ليست مهمة سهلة، دون حتى أن نذكر الصراعات الممكنة بين العقلانية الأخلاقية والعقلانية الاقتصادية والسياسية.

### علوم السلوك الإنسانى

العلوم الإنسانية غير البيولوجية وغير الطبية (تاريخ، علم نفس، لغويات، اقتصاد، إثنولوجيا، أنثروبولوجيا، علم اجتماع...) قد وفدت متأخرة إلى التأمل حول أخلاق البحث. فى بعض البلاد (مثل أمريكا الشمالية) كل الباحثين الذين يجرون أبحاثاً على الإنسان خاضعون رسمياً لنفس الإلزامات (فحص البروتوكول بواسطة لجنة أخلاق قبل التنفيذ، الحصول على موافقة الأشخاص الخاضعين للبحث، إلخ.) وفى مناطق أخرى (كما هو الحال فى أوروبا بوجه عام) تعد القواعد أكثر غموضاً بالنسبة للعلوم الإنسانية والاجتماعية عنها بالنسبة للعلوم البيولوجية الطبية. القانون الفرنسى رقم ٨٨-١١٣٨ فى صيغته الأولى لا ينطبق سوى على

الباحثين فى المجالات البيولوجية الطبية. ومنذ مراجعته عام ١٩٩٤ أصبح ينطبق أيضا وبصراحة على الباحثين فى علم النفس. الباحثون الفرنسيون الآخرون فى العلوم الإنسانية لا يشعرون أنهم معنيون ولم يطالبوا بمد مجال القانون إلى تخصصاتهم. ولكن فى السنوات الأخيرة ظهر اهتمام جديد بالأخلاق المهنية.

فى الواقع، طرحت المشكلات الخاصة بأخلاق سلوكيات البحث منذ وقت طويل بواسطة الباحثين أنفسهم أو بواسطة صحفيين قاموا بتحقيقات حول برامج البحث، فى الأنثروبولوجيا على سبيل المثال. المشكلات المشار إليها فى الغالب مرتبطة باستخدام الكذب للحصول على المعلومات: "المشكلات الأخلاقية المرتبطة بإخفاء الباحث لهويته تبدو لى مطروحة اليوم على بساط البحث من عدة جوانب":

- "الظلم" الذى يرتكبه الباحث "غير المرئى" عندما يخفى هدفه وهو أنه يقوم ببحث، عن مصدر معلوماته.

- الخيانة المغلفة فى عملية نشر توصيفات تفسيرية يمكن لمصادر المعلومات أن يقرأوها (حتى وإن كانت هويتهم مقنعة)؛ هذه التفسيرات تتضمن أن مصدر المعلومات لم يكن شخصاً تنسم علاقتنا به بالمعاملة بالمثل. ولكن فقط مجرد فرد نستخدمه.

- رسالة الاحتقار التى تنتقل عبر تقديمنا لتفسيرات لم يطلب مصدر المعلومات أن يعرفها ولم يرغب فى أن يعرفها أحد.

- أخيراً، كون أن الأشخاص مصادر المعلومات ليس لهم الحق فى الرد؛ وليس لديهم أى فرصة للتعبير عند عدم موافقتهم أو رفضهم للتفسيرات واقتراحهم لتفسيرات غيرها.

هذا الاستشهاد المأخوذ من خطاب أرسله بيجى جولد Peggy Gold إلى فريتز ريدلش Fritz Redlich وهو تعليق على قضية ترجع إلى سنوات ١٩٥٠، وعادت مرة أخرى إلى الأضواء فى سنوات ١٩٩٠ بمناسبة قضايا أخرى مشابهة.



دخل أحد الباحثين الأنثروبولوجيين إلى قسم الأمراض النفسية بأحد المستشفيات ليس لأنه كان مريضاً ولكن بتواطؤ من رئيسه في العمل (ريدلش) لكي يقوم بعمله البحثي. وحينما دخل المستشفى أصابه ما يطلق عليه الأطباء النفسيين "سلوك الكتابة": فكان يدون ملاحظات طول الوقت، وتم تشخيص حالته بـ "غضب في الشخصية"، وتم تحديد علاج نفسي له. وبعد مرور ثمانية أسابيع شعر الباحث الأنثروبولوجي (وكان اسمه وليام كوديل William Caudill) بعدم ارتياح لهذا الكذب فاعترف بأنه لم يكن موجوداً إلا لملاحظة التفاعلات بين الأطباء والمرضى. هذا الإفشاء كان مسلياً بالنسبة للمرضى ولكنه لم يكن مسلياً البتة بالنسبة للأطباء المعالجين الذين شعروا تجاه الباحث بحقد غاضب. فالأطباء النفسيون الذين يجدون أنه من الطبيعي ملاحظة مرضاهم خلف مرايا كاشفة من الخلف، وأن فكرة أن هذا يمكن أن يكون انتهاكاً لكرامة المرضى لم تمر بخاطرهم، اعتبروها إهانة لكرامتهم أن يجرؤ باحث أنثروبولوجي أن يأتي دون معرفة مسبقة لدراسة سلوكهم.

التسجيل للبشر في جهاز تسجيل (أو فيديو) دون علمهم، وإجراء مونتاج لأقوالهم ونشر ترجمة لهذا المونتاج مصحوبة بتفسير في لغة يجهلها هؤلاء الناس كانت ممارسة مقبولة لدى باحثي الإثنولوجيا كلما سمحت التكنولوجيا بذلك.

كان الأشخاص الذين تجرى عليهم الدراسة "بدائيين" أو سكان فقراء في أحد الأقاليم المتخلفة من العالم، كما هو الحال أثناء عمل أوسكار لويس Oscar Lewis الذي ترتب عليه كتاب بيع في كافة أنحاء العالم. كان لويس قد استقر عند عائلة في ضواحي مدينة مكسيكو، وأصبح صديق العائلة فعرف كل أسرارها. ولم يعرف مضيفوه أنهم "مصادر معلوماته"، ولم يكن لديهم أدنى فكرة عن العمل العلمي. وفي يوم نشر لويس نتائج عمله. وقد أثار كتابه جدلاً واسعاً لدى باحثي الإثنولوجيا. رأى البعض أن هناك ظلماً أو عدم لياقة في استخراج معلومات بواسطة صداقة كان الأشخاص مصادر المعلومات يحسبونها صداقة، وعرض للحياة الخاصة لعائلة

(حتى مع تغيير الأسماء) فى إطار مجموعة ثقافية أخرى.

وقد نوقشت شرعية بناء خطة تجربة على خداع بشكل خاص بخصوص أعمال علم النفس الاجتماعى لستانلى ميلجرام Stanley Milgram. فهذا الباحث أوقع الأشخاص الخاضعين لبحثه فى خطأ فيما يخص الهدف الحقيقى لتجربته، دافعاً إياهم لارتكاب أعمال عنيفة بأنفونها فى داخلهم لكنهم لم يجرؤوا على التوقف عنها احتراماً منهم لسلطة الباحث ذى المعطف الأبيض الذى يأمرهم بارتكابها. كان ميلجرام يريد أن يثبت أن المكانة العلمية تعطى سلطة، وأن السلطة تؤدي إلى الإفراط فى السلطة، وأن أغلب الأشخاص الخاضعين لا يقاومون الإفراط فى السلطة بل يطيعونها بسلبية. كانت هناك مناقشات حادة حول الحق المفترض فى الكذب "من أجل العلم". رأى بعض الباحثين أن الإخفاء لا غنى عنه للحصول على معلومات حقيقية، لأن الناس يعدلون من سلوكهم عندما يعرفون أنهم مراقبين. ويرى البعض أن الكذب يخرب المسيرة العلمية. ويوجد اليوم أدبيات مهمة حول هذه المسألة. اللجنة الفرنسية الاستشارية القومية للأخلاق اقترحت عام ١٩٩٣ قواعد للسلوك الذى اعتمد على جزء منها قانون أوريه Huriet فى نسخته المعدلة فى عام ١٩٩٤ (مادة 9-209-L).

### فتح أسئلة جديدة:

#### الأبحاث حول الجنين البشرى وحول الجينوم

حتى الآن كانت المسألة تتعلق بحماية المواطن (من ميلاده إلى وفاته) ضد الإفراط المحتمل لحب الاستطلاع العلمى. وخلال النصف الثانى من القرن العشرين فُتح حقل أوسع للاستكشاف أمام البحث: إمكانية رفع وحفظ عناصر لجسم الإنسان فى المعمل قابلة لإعادة التدوير (خلايا، أنسجة)، والحصول على جنين من خلال تخصيب فى الأنابيب أو بالاستتساخ، والكشف عن أشكال من الخلل فى الجينوم الموجود بخلايانا مع الأمل فى إمكانية تصحيحها (المعالجات الجينية). ضروب الإفراط، متوقعة أو متخيلة، فى هذه التطورات العلمية والتكنولوجية سببت

قلقاً. وتم إقامة عوازل أخلاقية وقانونية بشكل سريع: منع تجارب الاستنساخ التكاثرى للنوع الإنسانى، منع بعض الأبحاث (بل حتى كل الأبحاث) على الجنين الإنسانى. ولكن تجرى تجارب أبحاث أخرى: فك شفرة الجينوم البشرى، وتجارب المعالجات الجينية.

ولكى نرسم خطأ فاصلاً، فى هذا التوسع فى البحث، بين ما هو مرغوب عادة وبين ما لا يجب السماح به، ينبغى أن يكون لدينا مبدأ للحكم يستخدم أخلاق "حقوق الإنسان" كمرجعية. على الأقل هذه هى حالة "الإعلان العالمى عن الجينوم البشرى وحقوق الإنسان" الذى تبناه المؤتمر العام للبلاد الأعضاء فى اليونسكو عام ١٩٩٧. يصف هذا النص الجينوم البشرى بأنه "ميراث الإنسانية" ويريد حماية هذا الميراث فى إطار حقوق ومسئوليات الأشخاص والتضامن الدولى. يدعو هذا النص باسم حقوق الإنسان فى آن إلى: حرية البحث على الجينوم، إلزام بأن تسعى تطبيقات هذا البحث إلى "تخفيف المعاناة وتحسين صحة الفرد والإنسانية بأسرها"، ومنع ممارسة اختبار أو عملية جينية على شخص أو على جزء مأخوذ من جسم شخص، دون "موافقته المسبقة والحررة والمستتيرة" (إلا فى حالات خاصة ينص عليها القانون).

مادة ١٠: لا يجوز لأى بحث يتعلق بالجينوم البشرى ولا تطبيقاته، وبوجه خاص فى مجالات البيولوجيا والجينات والطب أن تكون له الأولوية على احترام حقوق الإنسان والحريات الأساسية والكرامة الإنسانية للأفراد، أو فى حالة الاقتضاء، لمجموعات من الأفراد.

سوف نشير إلى نوع المشكلة الأخلاقية التى يمكن أن تنشأ اليوم بقصة مختصرة. باحثان أمريكيان، أحدهما كان يعمل لدى قبائل البابو فى غينيا الجديدة منذ حوالى عشرة أعوام، اكتشفا أن الخلايا الدموية لإنسان ينتمى لقبيلة من البابو كانت مصابة بفيروس HTLV-1. هذا الفيروس يسبب فى العادة حالة خطيرة من اللوكيميا. فى حين أن هذا الإنسان لم يكن مريضاً. تقدم الباحثان بطلب براءة بالسلسلة الخلوية المصابة، أملين فى الكشف عن سر هذه المقاومة للسرطان. وقد حصلوا على البراءة فى عام ١٩٩٥. وبعد مضى عدة أشهر اكتشفت مجموعة

كندية وجود البراءة ونشروا بياناً في الإنترنت يتهم الولايات المتحدة الأمريكية بـ"الاستعمار البيولوجي". فقد تم سرقة الجينوم الخاص بقبائل البابو! وانتشرت الفضيحة في كافة أرجاء الكوكب. ثم اتضح بعد ذلك أن هؤلاء البابو كانوا على علم من خلال الباحثين بنيتهم في طلب البراءة، وأنهم تناقشوا في الأمر ووصلوا إلى اتفاق بين القبيلة والباحثين. إذا كان قد تم الحصول على البراءة، وإذا تم التعرف على عامل جيني مهم، وإذا نتج عن ذلك تطبيق علاجي ذي جدوى، وإذا كانت هناك عوائد مالية، اتفقوا على أن يتقاسموا فيما بينهم هذه المزايا.

تطرح هذه القصة على بساطتها سلسلة كاملة من أسئلة الفلسفة الأخلاقية. جينوم فرد ما، هل هو ميراثه البيولوجي، أو عنصر من الميراث الإنساني؟ لمن تنتمي الخلايا التي سيتم العمل عليها في المعمل؟ وما الذي يثبت أن القبيلة التي جاءت منها الخلايا قد حصلت على نصيبها من الفوائد المالية المحتملة التي يأتي بها تطوير التطبيقات الصناعية للاكتشاف، في حالة ما يكون هناك اكتشاف؟ وفي المقابل ما الذي يبرر أن مانح الخلايا ليس له أي حق في أي ربح نابع من استخدام عنصر من جسده؟ وإذا توصلنا إلى التعرف على عامل جيني للحماية من السرطان، هل سيكون من المقبول أخلاقياً السعي إلى إنتاج سلسلة من الكائنات البشرية تمتلك هذا العامل في الجينوم الخاص بها؟ أو ينبغي الاقتصار على تجارب العلاج الجيني على الأشخاص المرضى باللوكميميا.

### الواقع المعيشي للفاعلين: تحقيق جاري إنجازه

تم اختصار النص لدواعي النشر. وفيما يتعلق بمضمون هذه النقطة يمكن للقارئ أن يرجع إلى مقال (٢٤) يحلل الطريق الذي يجب المضى فيه من أجل أن تنتقل المبادئ الكبرى التي تحظى بالإجماع لأخلاق التجريب الإنساني إلى الواقع اليومي للتجارب.

1. Comité consultatif national d'éthique (CCNE) pour les sciences de la vie et de la santé, *Éthique et connaissance*, Paris, La Documentation française, 1990, p. 74. Les rapports du CCNE peuvent être trouvés sur le site : <http://www.ccne-ethique.org>.
2. BONGRAND (P.-C.), *De l'expérimentation sur l'homme. Sa valeur scientifique et sa légitimité*, thèse pour le doctorat en médecine, soutenue le 27 janvier 1905 devant la faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux.
3. Loi n° 88-1138 du 20 décembre 1988 relative à la protection des personnes qui se prêtent à des recherches biomédicales (dite loi Huriot), *Journal officiel de la République française*, 22 décembre 1988. Modifiée : Loi n° 94-630 du 25 juillet 1994, JO, 26 juillet 1994. Complétant le Code de la santé publique, Livre II bis, Art. L. 209-1 à L. 209-23.
4. Conseil économique et social, *Les Droits de la personne malade*, rapport présenté par C. Evin, JO, Avis et rapports du CES n° 16, juin 1996. Ce rapport inclut en annexe la *Charte du patient hospitalisé*.
5. FAGOT-LARGEAULT (A.), *L'Homme bioéthique. Pour une déontologie de la recherche sur le vivant*, Paris, Maloine, 1985, t.II, p. 9.
6. *Richtlinien für neuartige Heilbehandlungen und für die Vornahme wissenschaftlicher Versuche am Menschen*, Reichsgesundheitsrat, 1931.
7. Association médicale mondiale — World Medical Association, *Declaration of Helsinki. Recommendations guiding Physicians in Biomedical Research Involving Human Subjects*, adopted by the 18th World Medical Assembly, Helsinki, Finland, June 1964, and amended by the 29th WMA, Tokyo, Japan, October 1975; 35th WMA, Venice, Italy, October 1983; 41st WMA, Hong Kong, September 1989; and the 48th General Assembly, Somerset West, Republic of South Africa, October 1996.
8. National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, *Research Involving Prisoners : Report and Recommendations*, 1976. *Research Involving Children : Report and Recommendations*, 1977. *Research Involving Those Institutionalized as Mentally Infirm : Report and Recommendations*, 1978. *The Belmont Report : Ethical Principles and Guidelines for Research Involving Human Subjects*, 1978, Washington D.C. : US Govt Printing Office (DHEW); trad. fr. : « Médecine et expérimentation », *Cahiers de bioéthique*, 4, Québec, Presses de l'Université Laval, 1982, p. 233-250.
9. Organisation mondiale de la santé (OMS-WHO) et Conseil international des organisations médicales scientifiques (CIOMS), *Déclaration de Manille*, 1981 ; *Directives internationales pour la recherche biomédicale sur des sujets humains/Proposed International Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects*, Genève CIOMS, 1982 ; révisé, *International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects*, Genève CIOMS, 1993.
10. Conseil de recherches médicales du Canada/Conseil de recherches en sciences humaines du Canada/Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada, *Guide d'éthique de la recherche avec des sujets humains*, Ottawa, 1996.
11. Conseil de l'Europe/Council of Europe, *Convention pour la protection des droits de l'homme et de la dignité de l'être humain à l'égard des applications*

de la biologie et de la médecine/*Convention for the Protection of Human Rights and Dignity of the Human Being with regard to the Application of Biology and Medicine*, 1997, Série des traités européens/European Treaty Series — n°164.

12. KANT (E.), *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten*, 1785, trad. fr. : *Fondements de la métaphysique des mœurs* (section 2).

13. MILL (J.-S.), *Utilitarianism*, 1861, trad. fr. : *L'Utilitarisme*.

14. RAWLS (J.), *A Theory of Justice*, Cambridge, Harvard Univ. Press, 1971, trad. fr. : *Théorie de la justice*, Paris, Seuil, 1987.

15. GOSSELIN (G.), *Une éthique des sciences sociales*, Paris, L'Harmattan, 1992 ; *Journal des anthropologues* n° 50-511, 1992-93 ; *Bulletin de psychologie* n° 445, 53 (1), janvier-février 2000, spécial « Éthique en psychologie et déontologie des psychologues ».

16. REDLICH (F.), « The Anthropologist as Observer. Ethical Aspects of Clinical Observations of Behavior », *J. Nerv. Ment. Dis.*, n° 157, 1973, p. 313-319.

17. LEWIS (O.), *The Children of Sanchez*, 1961, trad. fr. : *Les Enfants de Sanchez*, Paris, Gallimard, 1963.

18. MILGRAM (S.), « Behavioral study of obedience », *J Abnorm Psychol*, n° 67, 1963, p. 371-378. Les expériences de Milgram sont évoquées dans le film « *I* » comme *Icare*.

19. IRB. *A Review of Human Subjects Research*, The Hastings Center, ([mail@thehastingscenter.org](mailto:mail@thehastingscenter.org)).

20. CCNE, *Éthique de la recherche dans les sciences du comportement humain*, Avis et rapport n° 38, 1993.

21. UNESCO, Comité international de bioéthique/International Bioethics Committee, *Déclaration universelle sur le génome humain et les droits de l'homme*, Paris, UNESCO, 1997.

22. *British Medical Journal*, 1995, december 2, n° 311 (7018), p. 1452.

23. AMIEL (P.), MATHIEU (S.), FAGOT-LARGEAULT (A.), « Acculturating Human Experimentation. An Empirical Survey in France », *The Journal of Medicine and Philosophy*, 2000, n° 24, sous presse.

24. CCNE, *Consentement éclairé et information des personnes qui se prêtent à des actes de soin ou de recherche*, Rapport et recommandations n° 58, 1998.



## ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟<sup>(١٤)</sup>

بقلم: جاك بوفيريس

Jacques BOUVERESSE

ترجمة: راوية صادق

### الفلسفة وفن التوجّه

تُعطى الإشكاليات الفلسفية الانطباع بالتطابق دائماً، إلى هذا الحد أو ذاك، مع أسئلة على شاكلة "أى اتجاه نتبعه، حيث لا توجد اتجاهات بديهية أو معترف بها" أو أيضاً: "أى علامات إرشادية نستخدم، عندما لا تكون هناك بديهية معروفة" أو أيضاً: "أى علامات إرشادية نستخدم، عندما تنقص العلامات الإرشادية المألوفة أو نبدأ فى اعتبارها غير صالحة للعمل إلى حد ما؟" يقدم فيتجنستين Wittgenstein على سبيل المثال، الصعوبة الفلسفية باعتبارها من طبيعة أحد مشكلات التوجّه على نحو جوهرى. فالتجربة الفلسفية، بالنسبة له، هى اللحظة المحددة التى يقول فيها الإنسان: "لم أعد أعرف أين أنا؟" أو: "لقد فقدت الطريق". فالطريق هو الذى قد يتيح التوجه نحو لغة المرء الخاصة المفقودة، التى ينبغى محاولة استردادها. قد يمكننا الحديث عن مفهوم "جغرافى" لمهمة الفلسفة، مادام المقصود دائماً هو إعادة بناء جغرافية لغتنا، ومفاهيمنا.

فى حوار مع "بوسما" Bouwsma، يقترح فيتجنستين المقارنة التالية: "الأشياء هى كما يلى: فى المدن الشوارع مخططة جيداً. وتقود يميناً ولديك العلامات المضيئة. ثمة قواعد. عندما تغادر المدينة، هناك مزيد من الطرق، لكن بلا علامات مضيئة. وعندما تبتعد أكثر، لا توجد طرق، ولا يوجد ضوء، لا شيء

---

(١٤) نص المحاضرة رقم ٢١ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢١ يناير ٢٠٠٠.



لإرشادك. لم يعد يوجد سوى غابات. عندما تعود إلى المدينة، قد تشعر أن القواعد سيئة، وأنه لا ينبغي أن توجد قواعد، إلخ".

يبدو أن المشوار المقصود تركنا في مكان لم يعد فيه لا علامات إرشادية، ولا قواعد، ولا معالم. نحن لا نعرف إذا كنا سنعثر مرة أخرى على طريقنا للعودة إلى المدينة، وإذا كنا لن نجد الحياة في المدينة لا تحتمل أو بلا أهمية، عند العودة. قد يكون لدينا الشعور بأن القواعد التي تحكم الحياة المتحضرة لا تحل أى شيء، لا اعتباريتها أو أن الغياب الصرف والبسيط للقواعد سيكون، رغم كل شيء، الأفضل.

والسؤال "هل يمكن الاعتماد على الفلسفة للتوجه خارج المدينة وعند العودة، في المدينة؟" هو نفسه سؤال فلسفي، وأول الأسئلة التي ليس لها إجابة مفروضة أو حتى مقبولة ببساطة في الفلسفة.

أى ضوء يمكننا الاعتماد عليه بالضبط للخروج من الوضع الذي وضعنا فيه الفلسفة؟ هل أضواء الفلسفة نفسها كافية أم علينا أن نستعد لاستخدام أضواء أخرى، مثل الخاصة، على سبيل المثال، بإحدى النظريات الأخلاقية أو الدينية المقترحة علينا اليوم؟ يذكر بووسما أن فيتجنستين قال له: "إذا كان لديك ضوء، أقول: اتبعه. قد يكون جيدًا. وبالتأكيد الحياة في المدينة لن تكون حسنة." ما كان أهم، بالنسبة لـ فيتجنستين، ليس اختيار الضوء الخاص وإنما الإخلاص، الأمانة والشجاعة التي من خلالها نستطيع السير وراء ما لدينا.

بالنسبة له، لا تستطيع الفلسفة في حد ذاتها توفير أضواء خاصة، لكن ما هو مختلف حقًا، هو الوضوح. فأقصى ما يمكن طلبه منها هو أن تتجح في أن تجعل الناس أوضح بعض الشيء وأوضح بعض الشيء مع أنفسهم على نحو خاص، في اختيار أضوائهم التي يتصورونها ويقدمونها لأنفسهم وللآخرين وفي طريقهم في اتباعها.

لا يحبذ فيتجنستين مفهوم الفيلسوف كمعلم في التفكير أو كمرشد، سواء

بالنسبة للأفراد الذين توجه لهم رسالته، أو لعصره. لكن هذا ما نتوقعه عمومًا من الفلسفة اليوم وغالبًا أكثر من أى وقت مضى. فعصرنا، بعد أن حاول حلولا أخرى، يعطى الانطباع بالبده في الاعتماد على الفلسفة لحل مشكلات التوجه. لكن لا ينبغي أن نتوقع من الفلسفة تقديم إجابات محددة ومتواطئة لأسئلة على غرار "كيف يمكن التوجه في الفكر أو في الحياة؟".

### التوجه من خلال الفلسفة أم التوجه في الفلسفة؟

قبل التوجه بفضل الفلسفة، علينا النجاح في التوجه في الفلسفة نفسها. والحال أن الفلسفة ليست مجال إجماع عام بأي شكل من الأشكال، ليس فقط على أكثر المبادئ جوهرية، وإنما أيضا فيما يخص الاختلاف والصراع الذي لم يبت فيه وعلى الأرجح غير المحلول، بين خيارات وإجابات متعارضة.

يلاحظ ماكينتير MacIntyre في مؤلفه " ثلاث نسخ متنافسة للمتطلبات الأخلاقية" أن المجموعات داخل أقسام الفلسفة أصبحت من الكثرة إلى حد يجعلنا نتساءل ما إذا كان لا يزال ممكنا مخاطبة الطائفة الأكاديمية أو حتى ببساطة الطائفة الفلسفية باعتبارها كذلك. فأغلب الكتب الفلسفية تستهدف مجموعة من القراء مقلصة في أبعاد أحد الاتجاهات، إحدى المدارس بل أحيانا بجماعة خاصة ببساطة، وأبدأ عمليا بطائفة الفلاسفة نفسها. والخلافات جوهرية وعميقة إلى حد أنه لا يمكن الحديث عن منازعات تحدث في إطار مفهوم مشترك عن العقلانية، وإنما مفاهيم متنافسة للعقلانية نفسها، النظرية والعملية في آن.

تتضمن "موضوعات الخلاف، مثلما يكتب ماكينتير،" قضايا تتعلق بالمنهج والأسلوب الملائمين للبحث الفلسفي، مسائل لها علاقة بالمفاهيم التي ينبغي أن نوكل إليها مكانا جوهريا ومركزيا في بناء النظريات الفلسفية، والتفسيرات الخاصة بالدلالة، والمرجعية، بمكانة اللغة في العالم الطبيعي والاجتماعي، بالطريقة التي

ينبغي بها فهم علاقة الفكر بالجسد، و(...) معايير طريقة تناول أو نمط بحث متفردين، أو نظرية أو تفسير خاص، التي ينبغي الحكم عليها بأنها أرفع منزلة على الأخريات" (ص12). لا تنحصر الانشاقات الحالية في الفلسفة في معرفة ما يمكن تبصره وقبوله فحسب باعتباره تبريراً عقلانياً، وإنما أيضاً تلك التي تخص الفائدة والأهمية التي نتفق على منحها لفكرة التبرير العقلاني نفسها ولتتويج الكل، ضرورة وفائدة المناقشة في الفلسفة.

فبالخلافات، حسبما يرى ماكينتير، من الكثرة إلى حد أننا نضطر إلى الحديث عن استحالة القياس واستحالة الترجمة. لكن، خلافاً لفلاسفة آخرين كثيرين، لا يرى أن الأمر يلغى كل إمكانية مواجهة جادة: "... الاعتراف باستحالة قياس واستحالة الترجمة المهمين في العلاقات بين نظامين متعارضين للتفكير والممارسة يمكن أن يكون مقدمة ليس للسجل العقلاني فحسب، وإنما أيضاً لنوع السجل الذي يمكن لجزء منه أن ينبعث باعتباره متفوقاً على نحو لا يقبل المناقشة من وجهة النظر العقلانية (...) على الأقل لحقيقة أن التعرض لسجل من هذه الشاكلة يمكنه أن يكشف أن إحدى وجهات النظر المتنافسة تؤدي إلى إخفاق في مصطلحاته الخاصة ووفقاً لمعاييره الخاصة" (صp).

والحال، نحن بعيدون تماماً اليوم عن هذا الوضع. نحن لا نصل حتى، في أغلب الأوقات، إلى اللقاء والمواجهة. وكثيراً ما لا يقتسم ممثلو المدارس المختلفة أي شيء بينهم خارج الانتماء لنفس المؤسسة الأكاديمية.

لذا فإن فكرة طائفة موحدة منضمة لمبادئ مشتركة وتحركها رغبة حقيقية في النقاش والسجل بين اختيارات متعارضة بوضوح هو وهم اليوم. وعندما يتعلق السؤال بمعرفة إلى أي حد يمكن للفلسفة ادعاء أنها مرشد لعهدنا في حل مشاكل التوجه المطروحة عليها، فمن الأفضل بالتأكيد ألا تغيب عن بالنا هذه المشكلة.

نشر نص "كانط": "ما الذي يعنيه التوجه في الفكر؟" في مرحلة كانت فيها الاندفاع الأولية للـ "تفسير" **Aufklärung** قد أصابها الوهن وتم إنكار وتهديد

سلطة العقل بصعود اللاعقلانية، مما شكّل وضعًا يقدم تماثلات عديدة مع ما نعرفه في وقتنا الراهن.

نشر كانط عام ١٧٨٤ مؤلفه "إجابة على السؤال: ما "التتوير"، وبعد عامين يقترح إجابته على سؤال آخر، يرتبط مباشرة بالأول، وهو: "ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟". يرتبط السؤالان بضرورة الفصل فيما إذا كان العقل قادرًا على أن يؤسس بنفسه مبدأ توجه كاف للفكر ولماذا، بينما الكائن الإنسانى، الذى يمكنه أن يختار التصرف فى كل المسائل النظرية والعملية المهمة وفقا لعقله أساسا، لا يفعل ذلك عموما. لا يكفى بداهة التحقق من أنه حيث كنا نعتمد حتى الآن على السلطة والتقاليد والدين، يمكننا أيضا استخدام حجتها. إنها بيئة نظرية أساسا ويمكنها أن تظل كذلك على نحو جوهري. ينبغى قبل كل شيء أن نجرؤ أولا على عمل ما اعترفنا أنه ممكن.

والحال أنه لا يمكننا فقط ألا نحسم عدم الاستفادة من حجتنا، بل نقرر أيضا ألا نستخدمها. إنها زاوية لا تتوافق مطلقا مع التفاؤلية العقلانية، التى ننسبها بسهولة إلى فلاسفة "التتوير"، فيما يخص الطريقة التى يدركون بها الوضع عموما. "أحد أكثر التطبيقات غرابة التى صنعها الإنسان من العقل، حسبما يكتب ليشتنبرج **Lichtenberg**، هو بلا شك اعتبار حقيقة عدم استخدامه للعقل من الروائع، ورغم ميلاده بأجنحة، فهو يقطعها ويتركها مع أول شجار". يؤكد كانط أن: "الكسل والجبن هما السببان اللذان يجعلان عددا كبيرا من الناس، بعد أن تحرره الطبيعة منذ زمن بعيد من كل سلوك غريب، يظل رغم هذا طوال حياته، عن طيب خاطر، فى حالة الوصاية ويتصرف على نحو يسهل للغاية للآخرين فرض أنفسهم باعتبارهم أوصياء 3 عليهم". يفضل الكائن البشرى عموما العيش تحت وصاية سلطة أجنبية على العيش تحت وصايته هو. لكن الـ"مفسرون" يعتقدون ويجرؤون على القول بوضوح إنه مخطئ، بينما اليوم نحن أكثر ترددا فى عمل ذلك، لأن التفوق الذى كانوا ينسبون له لمعارف العقل بعيد عن أن يكون بالنسبة لنا فى بداهة ما كانه بالنسبة لهم.

## كانط والسؤال:

### ما الذى يعنيه التوجه فى الفكر؟

ينطلق كانط، فى "ما الذى يعنيه التوجه فى الفكر" من مفهوم جغرافى للتوجه: "التوجه يعنى بالمعنى المحدد للكلمة: العثور على الآخرين انطلاقاً من منطقة معينة من السماء (نحن نقسم الأفق إلى أربع مناطق)، ولاسيما المشرق. إذا رأيت الشمس فى السماء وأعرف أن الوقت ظهرًا حاليًا، أستطيع العثور على الجنوب، والغرب، والشمال والشرق. أنا أحتاج بالضرورة، فى هذا الصدد، للإحساس باختلاف ذاتى، أى الخاص بيمينى ويسارى. أسميه إحساس، لأن هذين الجانبين لا ينمان ظاهرياً عن اختلاف بارز فى الحدس". (ص 57) هذا المفهوم الـ"جغرافى" عن التوجه يتم توسيعه بعدئذ إلى التوجه الـ"رياضى" فى أى فضاء محدد مثل حجرة أعرفها على سبيل المثال، لكنها غير مضاءة. وأخيراً، يمكننا الحديث عن مهارة التوجه لا فى الفضاء فحسب، أى "على نحو رياضى"، وإنما أيضاً، عموماً، فى الفكر، أى "على نحو منطقى".

تستند إمكانية التوجه فى الحالات الثلاث على مبدأ التمييز الذاتى. ولا يفلت فضاء الفكر، فى هذه النقطة، من القاعدة. "يعنى التوجه على نحو عام فى الفكر [...]، حسبما يكتب كانط، نظراً لعدم كفاية مبادئ العقل الموضوعية، تحديد تصديقه وفقاً لأحد المبادئ الذاتية له". (ص ٥٩، ملحوظة) المشكلة فى التوجه عندما نتخطى حدود التجربة الممكنة، عندما لا نجد أى شىء يخص الحدس، سوى فضاء له فحسب. كيف يمكن لمهارة المعرفة والفهم أن تعمل عندما تتناول فضاء لن تتبع قاعدته الوحيدة، التى لا تزال تستطيع الخضوع لها - إذا ما كان هناك قاعدة، إلا منها هى؟

ينبغى التساؤل فى مجال مهارة المعرفة والفهم الخالصين عما إذا كانا لا يزالان يشكلان فضاءً يمكن التوجه فيه وفقاً لقواعد محددة يمكن جعلها مشروعة على نحو عقلانى. لا تطرح أى إشكالية من نفس النوع، بالنسبة لكانط، عندما

يكون الفضاء الذى نبحث عن التوجه فيه هو الخاص بالمعرفة وبالسيطرة على الظواهر. لكن ما أن يتم حصر الإدعاءات المبررة على نحو ملائم من خلال الفلسفة الناقدة، يمكن حل المشكلة على نحو صارم ونهائى تماماً بالنسبة لكانط. وسنضطر، مادمنّا لم نتوصل إلى الوعى الذى تمثله الفلسفة النقدية، للاستسلام لرؤية مجال السيطرة - الذى يقع ما وراء فضاء إمكانيات المعرفة بحصر المعنى، ويمكن أن نسميه الاستخدام التأملى للعقل - المنشغل على نحو رئيسى أساساً بالصراع بين ادعاءات المعرفة غير المؤسّسة، التى يستحيل حذفها أو أيضاً الاختيار بينها.

ليست المشكلة هى أنه عندما نخوض مغامرة تتخطى حدود التجربة الممكنة، تنقص مبادئ التوجه فى الوقائع، تماماً. فهى، على النقيض، موجودة بوفرة. ولأن هذا المظهر يبدو للوهلة الأولى فارغاً من الأشياء وبلا بنية يُقترح على العقل عدد وافر من مبادئ غريبة على نحو منتظم كى نقصدها بأكثر الطرق أماناً. والمشارك لديهم هو ما يسميه كانط "حس مفترض وغامض بالحقيقة، أو حدس مفارق يأخذ اسم الإيمان، يمكن للتقاليد والكشف أن يضافا إليه بدون موافقة العقل" (ص ٥٦ - ٥٧). حيث لم يعد من الممكن للتجربة أن تقرر أن توجد، حسبما يُعتقد، أساليب سريعة وأكثر تأكيداً من تلك الخاصة بالمعرفة التجريبية وأيضاً العقل الخالص للعثور على الحقيقة. وهكذا، بالنسبة لكانط، من حق العقل أن يكون "أول من يتحدث عن الأشياء التى تخص الموضوعات فوق الطبيعية مثل وجود الله أو العالم المقبل" (ص ٧٦). منازعة هذا الحق، "هو، حسبما يقول، الباب المفتوح على مصراعيه لكل الخرافات بل حتى الإلحاد".

بالنسبة لكانط، فإن المبدأ الذاتى الذى وفقاً له لا يزال يمكننا التوجه فى الاستخدام التأملى للعقل هو الإحساس باحتياج يخص العقل نفسه. كل السلطات الخارجية التى تتكفل بتوجيهنا بالنيابة عنا فى الفضاء المقصود تستمد قوتها من طريققتها فى التأمل فى الحاجات التى تخص الحساسية والإحساس، بالمعنى الواسع، لا تلك التى تخص بالأحرى العقل. على هذا النحو، تتحول الحقيقة نفسها، فى

الـSchwarmerei (بالألمانية فى الأصل)، إلى موضوع لإحساس من نوع معين، إحساس الحقيقة. بالنسبة لكانط، هو الاعتراف بالاحتياج للعقل الذى، هو وحده، يستطيع وينبغى أن يقودنا نحو معتقدات للعقل الخالص، مثل الإيمان بوجود الله أو خلود الروح، تُقبل لا كفرضيات للعقل النظرى، وإنما فى شكل فرضيات أولية للعقل العملى. ليس إذن من خلال معرفة محددة للعقل، وإنما من خلال احتياج يتم الشعور به من خلاله، لايزال بوسعنا التوجّه فيما وراء المعرفة.

مادامت الممارسة الكاملة للعقل قادرة على أن تقودنا إلى معتقدات محددة تتعلق بالأشياء فوق الطبيعية مثل الله والروح، لا يوجد أى سبب لتوقع أن يقود مبدأ "التتوير" إلى الإلحاد. إن الـ"تفسير" الألمانى موجّه، على نحو عام، ضد الخرافة بنفس قدر توجهه ضد عدم الإيمان. لا يقول كانط أن العقل هو الوحيد الذى له حق الحديث عن المسائل فوق الطبيعية، هو يقول فقط إن له الحق فى أن يكون الأول فى الحديث. بطبيعة الحال لا ينبغى فهم "الأول" هنا بالمعنى الخاص بالتسلسل الوقائعى. فقد سُمعت أصوات عديدة حول هذه المسائل قبل صوت العقل الخالص، ولاسيما الصوت الخاص بالديانات المنزلة. يُخضع كانط المعتقدات الموجودة ببساطة لدراسة العقل، باعتباره الحكم الأخير. وهو لا يعتقد مطلقاً أن على الاختبار أن يكون مشنوما لكافة أشكال الإيمان الدينى أو الحقيقة المنزلة.

ما الذى تغيّر منذ الفترة التى منح فيها كانط السؤال "ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟" الإجابة التى ذكرت مضمونها؟ إن فلاسفة مثل كانط كانوا يفترضون مسبقاً انضمام كل شخص متعلّم على نحو ملائم لمفهوم جوهرى فريد للعقلانية، بينما نحن نحيا فى ثقافة من خصائصها الجوهرية المنافسة والصراع بين المفاهيم المختلفة والمتعارضة للعقلانية، للمفاهيم التى لا يوجد بينها، بالإضافة إلى ذلك، سوى قليل أو لا شىء على الإطلاق من السجال الحقيقى.

وفقاً لهذا المبدأ أيضاً، يمكننا البت فى أن التوجّه فى الفكر يدرك من الآن فصاعداً على نحو ذاتى، بمعنى مغاير تماماً لذلك الذى فكر فيه كانط. فبالنسبة له،

حتى مع بقاء المبدأ ذاتياً، فهو ليس ذاتياً بداهة بمعنى أن اختيار العقل، الذى تم تفضيله مقارنة بمصدر آخر من الإيمان والحسم، سيكون هو نفسه ذاتياً. ومبدأ التوجه ذاتى فقط بمعنى أنه لا يمكن أن يؤسس لا على إحدى الخصائص الموضوعية للفضاء الذى نبحث عن التوجه فيه، ولا على الوجود المفترض مسبقاً للأشياء المحددة والمعروفة فى هذا الفضاء، مادام هذا الوجود هو بالضبط شىء ينبغى البت فيه تماماً. لكن، منذ فترة معينة، يقدم أعداء العقلانية على نحو متواتر ما كان كانط يسميه العقل، على أنه التعبير عن تفضيل لا يتمتع بأى شىء عقلى، وله طبيعة نفسية بالأحرى ومن ثم، ذاتية، ومرة أخرى، بمعنى لا يتمتع بأى كانطية.

اتخذ هذا التطور أشكالاً راديكالية على نحو خاص. والفكرة الغالبة اليوم هى أن فضاء الفكر، الذى جاهد كانط فى تحديد إمكانيات ومبادئ توجهات فيه، ينبغى تصويره كفضاء تتساوى فيه تقريباً كل الاتجاهات ويمكن اتباعها على حد سواء.

ينبغى، حسبما يبدو بالنسبة لفضاء الفكر عموماً ولتمييز الحقيقى من الباطل، امتلاك هيكل قابل للمقارنة بالشعور بالاختلاف بين الجهة اليمنى والجهة اليسرى، الذى يرى كانط أنه لا غنى عنه لتمييز المناطق فى الفضاء، بالإضافة إلى امتياز الحقيقى، المماثل لما منحته الطبيعة عرضياً، وفقاً لكانط، للجهة اليمنى فيما يخص البراعة وربما أيضاً القوة. ونأمل أن نستخلص على الأقل من هذا مبدأ أولياً وجوهرياً للتوجه فى الفكر. لكن حتى التمييز بين الحقيقى والزائف لم يعد مقبولا عالمياً كمبدأ جوهري للتوجه. فمنذ فترة يعتبر البعض فكرة ضرورة أن يوجهنا على الأقل الاهتمام بالحقيقة عموماً، ساذجة، مشوشة وقديمة.

### الفلسفة المعاصرة ومسألة كانط

ليس ثمة مبالغة فيما سبق أن قلته. فستيفن ستش Stephen Stich، على سبيل المثال، يؤكد أنه ما أن نتعرف بوضوح على ما هى دلالة أن يكون الإيمان حقيقياً، "لن نجد أغلبنا أية قيمة (...) فى واقعة امتلاك معتقدات حقيقية". فعدد من



المفكرين، الذين قد يحتجون بسخط بالتأكيد، إذا اشتبهنا في عدم حرصهم على الحقيقة، يُظهرون عمليا، في طرق التفكير وفي الكتابة، احتقارا كبيرا لها. حتى أدنى نواة للعقلانية التي قد تبدو مشتركة بين كل المشاركين في السجال، أي الذي ينشأ من الاعتراف بعلاقات التعارض والعلاقة التضمينية المنطقية الموجودة بين المعتقدات يمكن معارضتها تماما، هي أيضا: إذا لم نجد أي فائدة في واقعة محاولة امتلاك معتقدات حقيقية، قدر المستطاع، بدلا من الباطلة، فلماذا نجد ببساطة محاولة أن نكون مترابطين منطقيا مثيرة للاهتمام ؟

إذا كنا مهياون اليوم لإظهار هذا القدر من المراعاة إزاء القدرات المنطقية وعقل الآخرين مثلما هو لدينا بالنسبة لمشاعرنا وانفعالاتنا، قد نستطيع الانتساب لنموذج ونظرية فليسوف من قبيل كانط. لكن لم يعد باستطاعتنا أبدا المطالبة بجهد عقلاني جاد بعض الشيء من جانب معاصرينا دون المخاطرة بإثارة الشك فورا في احتقار أو سب رغبات، مشاعر أو انفعالات أيما ما كانت. حتى في العالم الفكري عادة، تعتبر الأخطاء ضد العقل والمنطق أقل إثارة للصدمة من نقص المراعاة لمجموعة الانفعالات.

يحتج أغلب الفلاسفة بحمية، عندما نبلغهم أنه، في بعض الولايات الأمريكية، يمنح نظام التعليم ميزات متساوية، بالنسبة لتفسير أصل الإنسان، لنص "سفر التكوين" والنظرية الداروينية. لكن فقط في حالات من هذا النوع، يبدو أنهم يعثرون فجأة على نفع من وجهة نظر العلم. سيكون مساءلة أنفسهم عن الطريقة التي ساهموا بها في جعل هذا النوع من التعادل الذي يثير استيائهم، معقولا ومقبولا. فبغرس اللامبالاة إزاء العقل والعلم بانتظام، قد يتولد لدينا الانطباع بخدمة قضية الفلسفة، الفلسفة الـ "حقيقية" على أية حال، لكننا سنخدم أيضا، لسوء الحظ، قضايا أخرى عديدة، بعضها مريب للغاية.

هل السؤال الذي نستطيع التردد إزاءه بصدد "التتوير" خاص بمعرفة ما هو عليه بالضبط، وليس بالأحرى الخاص بوضعنا الدقيق إزاء تقاليد "التتوير"؟ إنه

السؤال الثانى الذى يسيطر حالياً على جزء كبير من السجال. ورسمياً، أصبح "التتوير" فى جدول الأعمال من جديد.

لكن ما كان يبدو واضحاً فى برنامج الـ"تفسير"، أى ما ينبغى فهمه عندما نتحدث عن "أن يفكر المرء بنفسه"، هو بالضبط شىء معقد على نحو فريد وأكثر التباساً مما قد نفكر فيه فى عهد كانط. يمكننا الاعتقاد تماماً أننا نفكر بأنفسنا بينما قد نفكر أساساً وفقاً لتقاليد هى، بالإضافة إلى ذلك، تقاليد منتهية، مثلما هو الأمر، وفقاً لبعضهم، بالنسبة لتقاليد الـ"تفسير" نفسها. تقاليد سيؤدى اختراع مفاهيم جديدة أو، مفردات جديدة من جانب مفكرين من النوع الذى يسميه رورتى **Rorty** "المُشيد"، بدلاً من "النسقى"، إلى أن يجعلها بالأحرى بالية. يعتقد رورتى أن موقف الناس الذين يستمرون فى الرجوع إلى أشياء مثل الحقيقة والموضوعية وإلى نسب قيمة نموذجية للعلم والمنهج العلمى ينبع ببساطة من "الراحة".

### الـ"تفسير" وأعدائه شروط إمكانية مواجهة حقيقية هل هى متحققة اليوم

تحدثت عن المفاهيم المختلفة للعقلانية التى تتصارع اليوم فى الفلسفة وغالباً أيضاً فى عقلية عصرنا. إنها فكرة غير مدركة بالعقل إلى حد ما بالنسبة لأحد ممثلى التقليد العقلانى. ما يسميه البعض شكلاً آخر للعقلانية لا يختلف، بالنسبة له، عن اللاعقلانية البسيطة. لكن أعداؤه سيقولون أن ذلك يعود إلى أنه يعوزه البعد لما يخص تقاليده التى لا يمكن أن تتبع بدقة إلا من مكان آخر ومن مصدر آخر. يبحث ماكينتير فى كتابه الذى سبق أن تحدثت عنه، الوضع بعد قرن من نشر نص كانط "ما الذى يعنيه التوجه فى الفكر؟". إنه يميز ثلاثة مفاهيم كبرى متنافسة فى البحث الأخلاقى متعارضة وقتئذ، تم التعبير عنها على التوالى فى الطبعة التاسعة من "الموسوعة البريطانية" (المنشورة منذ عام ١٨٧٣)، "أصل الأخلاق" لنيشيه

(١٨٨٧)، والرسالة البابوية "إصلاح الفلسفة المسيحية" Aeterni Patris، للبابا ليون الثالث عشر Léon XIII (١٨٧٩).

لا نستطيع بالتأكيد مطابقة النموذج المقترح في "الموسوعة البريطانية" مع النموذج الكانطي. لكن مفهوم الأخلاق والبحث الأخلاقي يرتكز، في الحالتين، على فكرتي العقل والتقدم الرئيسيتين. ونوع النص المخرب الذي يبنيه النسب النيتشوي موجّه ضد التوجه الأول بنفس قدر توجهه ضد الثاني. إن وجهة نظر النسب النيتشوي وما بعد النيتشوي هي أن ما يتقدم كخيار لصالح المنطق والحقيقة يمكن تفسيره باعتباره التعبير عن شكل خاص، أصابه الوهن والانحطاط، لإرادة القوة. يوجد منظور، لا يستطيع الوصول إليه المهتمون من حيث التعريف، ويسمح بإظهار الانضمام إلى نموذج من قبيل نموذج كانط أو "الموسوعة البريطانية" باعتباره هو نفسه أثرًا لأحد أشكال الضغينة أو البغضاء يتقدم تحت قناع تفضيل وقرار عقلانيين.

خلال هذه العقود الأخيرة، في فرنسا على أية حال، انطمس المنظور الخاص بالأنساب لصالح المنظور الموسوعي أو، كي نعود للأصول، الخاص بالـ"تفسير". لكن هذا التغيير لا ينتج من مواجهة حقيقية خلصت إلى تفوق أحد المنظورين على الآخر. ما يحدث هو ما كان بالأحرى نموذجًا، فاقداً للاعتبار منذ عهد قريب، عثر فجأة على رصيد كاف كي يحل محل القديم وينجح بدوره في أن يجعله يبدو قديمًا إلى هذا الحد أو ذاك. والنتيجة التي لا يمكن تجنبها هي النسيان أو إهمال الأشياء المهمة أكثر من إمكانية تبني منظور مختلف حول مفهوم عن الأخلاق والبحث الأخلاقي، الذي يبدو أنه أصبح مرة أخرى مسيطرًا، وكان من المفترض أن يعلمنا به.

يلاحظ ماكينتير أن ما يتم اقتسامه من أخلاقيات بين أعضاء المجتمعات الفردية، المنفعية والمتعية، التي نعيش فيها، فقير على نحو لافت للنظر. هذا يعود، بالنسبة له، إلى تلف ونسيان التقاليد التي كانت قادرة على تطوير مفهوم أكثر

جوهرية بوضوح وأكثر ثراءً من الأخلاق، وعلى نحو خاص التقاليد الأرسطية-  
المدرسية. يمكنه إذن أن يصف الفكرة الخاصة بـ"أخلاق مستتيرة" بـ"تطير  
الحدثة"، بالمعنى الخاص بالمفهوم الموسوعي.

لكن، حتى لو لم يكن المفهوم الموسوعي هو مفهومنا حقاً، ثمة واقعتان  
إشكاليتان ينبغي أخذهما بعين الاعتبار.

- ربما لم نعد نعتقد في إمكانية تصديق المفهوم الموروث من الموسوعة،  
لكننا نواصل الإدعاء بأنه ممكن ومتماسك. والمقصود، على أية حال، مثلما يقول  
ماكينتير، "تخطيط لمعتقد ربما يكون قد أنكر، لكن طريقة إنكاره لاتزال تحدد شكل  
المؤسسات الثقافية والهيئات الفكرية المعاصرة" (ص ٢١٧).

- تمثل أحد المكونات الأساسية للنموذج الموسوعي والخاص بالـ"تفسير"،  
في اليقين بوجود إطار يمكن فيه من الآن فصاعداً، لا إيواء المسائل الخاصة  
بالحقيقة والأخلاق فحسب- مما يتيح المواجهات العقلانية وأيضاً حسمها، بل  
والاعتقاد أنها ستحسم ذات يوم على نحو عقلاني. والحال أنها إمكانية لم نعد نؤمن  
بها اليوم بالتأكيد.

لهذا الوضع نتائج مهمة بالنسبة لطبيعة السجلات الدائرة اليوم في مجال  
الأخلاقيات التطبيقية، وهو مجال الفلسفة مطلوبة فيه بالحاح. "عندما استجابت  
الفلسفة الأخلاقية والفلسفة اللاهوتية التي تخالفها، حسبما يلاحظ ماكينتير، للنداء  
الذي وجه لهما للإجابة على الأسئلة التي طرحها الأعضاء القلقون في بعض  
المهن، نادراً ما تخطيا إعادة إنتاج نسخ جديدة للمشاحنات التي يستحيل إنهاؤها،  
والتي فشلت إزاءها مشروعاتهم الخاصة بهم. إن منظري القانون، والنفعيين  
ومنظري القابلية للعالمية، والمنتمين للـ"عقد" والمحركين المتعددين للخطات  
المتنوعة لهذه المفاهيم، يقترح كل واحد منهم حوله الخاصة، المتعارضة فيما  
بينها، للمشاكل الخاصة بكل مهنة معينة، مع مخرج مغاير تماماً، رغم هذا، للذي  
نحصل عليه في الفلسفة الأخلاقية نفسها. ففي المجال العملي للمهنة، لا يمكن

السماح بأن تظل الأسئلة التي تضر المسائل الخاصة بالحركة الفورية بلا تسوية. ينبغي، على هذا النحو أو ذاك، صياغة شفرات، وإجراء اختيارات، وحل معضلات، بتبرير أو بدون تبرير عقلاني. والحاصل أنه في هذا المجال، ما هو بالفعل سجل فكري غير قاطع، يؤدي مع ذلك إلى قرار عملي للمشاكل، قرار يقع على عاتق الخطابة الفلسفية والخطابة المهنية بإخفاء خاصيته العشوائية" (ص ٢٢٦-٢٢٧).

إذا يؤكد علم الأخلاق التطبيقية أن فكرة البحث الأخلاقي بدون اتفاق ما متحقق في البدء، محكوم عليه بالعقم والفشل. إنها إحدى خصائص المجتمعات الليبرالية التي تتمثل في تنحية الخيارات المختلفة التي تخص طبيعة ومضمون الأخلاق، نحو المحيط الخاص، وأن تتركها تعبر عن نفسها وتتواجه بحرية، طالما أن مسألة الصالح العام غير معنية مباشرة. لكن عندما يصبح الأمر معنيا، ويصبح الوصول إلى قرارات توافقية لا غنى عنه، تستعيد مرة أخرى، بالضرورة، كل أهميتها وأيضاً حدتها.

يخلق هذا الأمر مشكلة صعبة بالنسبة للفلسفة. إذا كانت الحلول الوسط التي لا غنى عن الوصول إليها ذات طبيعة سياسية وبرجماتية، بدلا من أن تكون فلسفية خالصة بالضبط، فإن إمكانية أن تلعب الفلسفة دوراً في السجال يقابل الفكرة التي تصنعها لنفسها والتي لنا الحق في أن ننتظرها منها، بعيدة عن أن تكون بديهية. أن نطلب منها باستمرار إعادة صياغة وإعادة تنشيط الخلافات الموجودة حول مسائل جوهرية بين المفاهيم المتنافسة عن الخير والأخلاق، سيعنى أن نوكل إليها مهمة توشك أن تكون غير مجدية في معالجة مشاكل ملموسة تتطلب أن نتسم بالعزم.

أى نوع من الكفاءة ننسب إلى الفيلسوف فيما يخص المسائل الأخلاقية، إذا ما كان مفهوماً أن وجهة نظره لا يمكن أن تكون تلك الخاصة بأحد المتخصصين المعنيين، ولا الخاصة بسلطة أخلاقية مؤسسة أو بممثل لتقليد أخلاقي محدد؟ ما الذي ننتظره من الفلسفة في المناقشات حول علم الأخلاق التطبيقية؟ أن تزود الحلول التي نصل إليها عموماً بنوع من الخطابة الذي يسمح بإخفاء الطابع

العشوائى دائماً بعض الشيء ولا يبعث على الرضا، وبعد كل حساب غير فلسفى كثيراً؟ أو على النقيض، أن تعيد إدخال عنصر الشك وعدم الحسم الراديكاليين إلى هذا الحد أو ذاك فى المناقشة، اللذين يعينان اليوم الأسئلة الجوهرية للفلسفة الأخلاقية.

إذا ما كان أول شيء هو الحقيقى بالأحرى، فإنه غير مجد وخادع محاولة أن يجعلنا البعض نعتقد أننا نعتمد أساساً على الفلسفة لمساعدة المجتمعات المعاصرة على التوجه داخل ما يمكن أن نسميه فى اللغة الكانطية متنوع الحدسيات، المفاهيم والنظريات الأخلاقية التى تميز الوضع الحالى. وإذا كان الثانى، فإن ما تجلبه الفلسفة عندئذ، عندما تقترح معارفها على المحترفين الذين عليهم حل إشكاليات علم الأخلاق التطبيقي، هو امتلاكها لكل الفرص فى أن تكون إشكالية بنفس القدر، ولا تصل كثيراً إلى خلاصة، ورغم المظاهر، ليست بالضرورة أكثر قابلية للاستخدام على نحو ملموس مما تفعله عادة عندما تمكث فى مكانها.

## المراجع:

1. WITTGENSTEIN, *Conversations 1949-1951 with Bouwsma*, p. 35.
2. MACINTYRE, *Three Rival Versions of Moral Inquiry*, 1988.
3. KANT (E.), « Vers la paix perpétuelle », « Que signifie : s'orienter dans la pensée ? », « Qu'est-ce que les Lumières ? », trad. Poirier (J.-F.) et Proust (F.), Paris, Flammarion, 1991, p. 43.
4. STICH (S.), *The Fragmentation of Reason*, 1990.

## امتلاك الحي من البيولوجيا إلى النقاش الاجتماعي<sup>(١٥)</sup>

بقلم: برنار شيفاسوس أو لوى

Bernard CHEVASSUS-AU-LOUIS

ترجمة: د. أنور مغيث

إرادة المطالبة بملكية شاملة للحي، تمتد إلى عدد غير محدد من الأفراد وإلى نسلهم لم تظهر إلا في القرن العشرين، وترسخت بوجه خاص بعد ازدهار التكنولوجيا الحيوية. وظهرت هذه المطالبة بسبب اقتران الإمكانيات التقنية الجديدة ببرهانات اقتصادية أصبحت كوكبية.

سوف نفحص، في جزء أول، النشأة العلمية والتقنية لهذا "التحكم في التوالد"، مبينين أن الإجراءات التي تخضع للنقاش حالياً هي حصيلة لبحث طويل عن فهم مسارات نقل الحياة والتحكم فيها. وفي الجزء الثاني، سوف نقدم الأوجه المختلفة للنقاش الاجتماعي الذي قام حول التطبيقات العينية لهذا التحكم.

### المسيرة الطويلة نحو "التحكم في التوالد"

خلافًا للموضوعات الجامدة، تتسم الكائنات الحية بسمتين يمكن أن تبدوا متعارضتين:

(١) إنهم يتسمون بالإنتاج الذاتي، وبالتالي هم قادرون على توليد، دون تدخل إنساني، أفراد جدد متشابهين.

---

(١٥) نص المحاضرة رقم ٢٢ التي أقيمت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٢ يناير ٢٠٠٠.



(٢) وفيما عدا بعض الاستثناءات لا يتوالدون بطريقة مطابقة، أو بعبارة أخرى لا يوجد فرد مطابق تمامًا لواحد من أبويه أو لكليهما أو لأحد أقاربه.

وحتى القرن العشرين كانت هاتان الخاصيتان تشكلان تحديًا أمام أى شخص يطمح فى امتلاك الحى، أى أن يتحكم فى نسله، أو أن يتوقع الخصائص ويستخرج منها مزايا. ولقد قدّم ما يزيد عن قرن من البحث المتواصل مفاتيح تسمح بتحقيق هذا الطموح، وسوف نشير بوجه خاص إلى ثلاثة من بينها:

- (١) تحديد قوانين الوراثة والاكتشاف المتنامى للجينات والتلاعب بها.
- (٢) فهم توليفات الخصائص والحصول على إعادة إنتاج لما هو مطابق.
- (٣) التحكم فى إعادة الإنتاج، من أجل إنتاج كائنات حية "غير قابلة لإعادة الإنتاج".

من أرسطو إلى نقل الجينات:

تاريخ مختصر للجين

دراسة التشابهات والاختلافات بين الآباء والأطفال هو بلا شك من أحد الأنشطة الإنسانية الأكثر قدما والأكثر انتشارًا. رغم ذلك فإن الإسهام الفعلى والمتوازن للجنسين فى الميراث الجينى لنسلهم كان موضع شك لوقت طويل. وسيرًا على خطى أرسطو كان البعض يرون فى الأم مجرد سند مغذى يقدم "المادة" فى حين أن الذكر وحده يقدم "الصورة" التى تحدد سمات نسله: "ويمكننا عن حق أن نضع الذكر والأنثى كمبدأ للتوالد، الذكر يمتلك المبدأ المحرك والمولد والأنثى المبدأ المادى. ويعتبر آخرون على العكس أن السائل المنوى ليس إلا "سائل حيوى" يحفز نمو البويضة، التى يتشكل فى داخلها الجنين سلفًا. والأكثر مدعاة للدهشة، إمكانية تأثير متواصل للذكر الأول على السمات اللاحقة لنسله من أنثى حتى وإن كان أولادها من ذكور آخرين (التشكل عن بُعد télégonie أو الوراثة بالانطباع) قد عدت لوقت طويل حقيقة ناشئة عن خبرة.

من جهة أخرى، فإن الوجود الممكن للتوالد التلقائي لعديد من الكائنات الحية (قوارض، بكتيريا، أسماك، حشرات) اعتبر حتى القرن الثامن عشر أمراً متحققاً منه. هذه النظرية لم يتم رفضها نهائياً بالنسبة للكائنات الحية المتناهية في الصغر على يد باستور Pasteur عام ١٨٦٥. لقد كان سياقاً تتواجه فيه نظريات عديدة عن التوالد والذي بدا، في نهاية القرن التاسع عشر، منعطفاً هائلاً، مع ظهور مقاربتين تستهدفان التحديد الكمي لقوانين وراثية السمات، الوراثة "بالخليط" لجالتون Galton، والوراثة "الخاصة" لمندل Mendel.

كان عالم الرياضيات سير فرانسيس جالتون يتساءل على كون أن نسل الآباء "ذوي السمات القصوى"، بالنسبة لسمة مثل الطول أو الوزن، لا يرثون سوى جزء من هذا الاختلاف ويقتربون بذلك من متوسط السكان. لوصف هذه الظاهرة اقترح في عام ١٨٨٩ قانونه عن "التراجع العام" وأرسى بذلك قواعد حساب "معاملات التراجع" التي تسمح بالتوقع إحصائياً بكفاءات نسل زوج معين (شكل ١). إذا كان مفهوم التراجع قد أدى بجالتون إلى بلورة نظريات وراثية شنيعة فقد سمح أيضاً بأن يؤسس لتحسين سمات كثيرة لها أهمية في الزراعة مثل الخصوبة والنمو والتي ما زالت محدداتها حتى اليوم لم تفهم بالقدر الكافي.

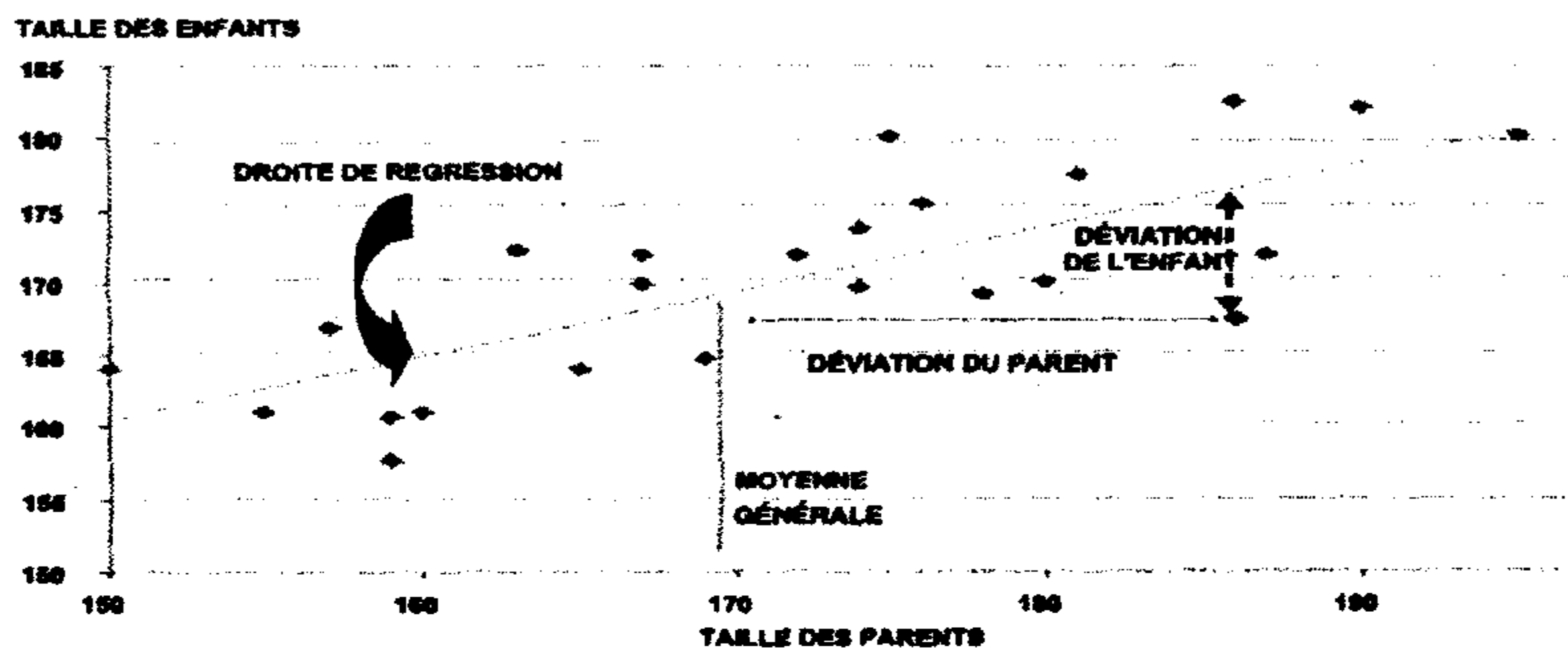


Figure 1

شكل (١)

الراهب المجري النمساوي جورج مندل، والذي لم يكن معروفاً في تلك

الفترة، أصر فيما بين ١٨٥٤ و ١٨٦٨ على البحث، مستخدماً الفاصوليا، عن قوانين "التهجين hybridation". وهذا المصطلح العام يعبر عن مسألتين:

- ظهور واختفاء بعض السمات عبر الأجيال، التي توصف ولكن لا تفسر باستخدام مصطلح الارتداد الوراثي<sup>(١٦)</sup> atavisme.

- وقدرة بعض السمات على الاجتماع لدى فرد والاختفاء فى نسله. ويرى مندل فى مذكرة نشرها عام ١٨٦٦ أن نسل النبات، وحتى وإن لم يعبر عن سمات أحد الأبوين، فإنه يحتفظ بالسمات الآتية من الأبوين، ذكر وأنثى، بنسب بسيطة وقابلة للتحقق منها (على سبيل المثال  $\frac{4}{3}$  -  $\frac{4}{1}$  بالنسبة لسمة معينة) بالنسبة لمختلف الأفراد فى النسل. هذه الرؤية للميراث الجينى بوصفه فسيفساء من السمات المستقلة أو "وحدات وراثية" التى يتم حفظها ونقلها بطريقة ثابتة ومستقلة فتحت الطريق أمام البحث عن السند المادى للوراثة، حتى وإن كان يجب انتظار أعمال مدرسة العالم الأمريكى مورجان Morgan عام ١٩١٠ لكى تعزو إلى الكروموزومات دور السند لهذه الوحدات الوراثة، أى الجينات، ثم سنوات ١٩٤٠ (أعمال إيفروسي Ephrussi وآفرى Avery) لتحديد الحامض النووى بوصفه الجزئ الحامل للمعلومات الجينية.

أتى بعد ذلك الازدهار الهائل للبيولوجيا الجزيئية، فبعد أن تم تحديد الطبيعة الكيميائية للجينات وقوانين انتقالها بدا من الممكن عزل أحد الجينات وإدخاله فى فرد من نفس النوع أو من نوع آخر، على أساس عمومية نظام الشفرة، وقراءة المعلومات الجينية. إنه المجال الهائل لنقل الجينات الذى افتتحه شانج Chang وكوهين Cohen عام ١٩٧٣ على البكتريا والآن أصبح ممكناً لدى تقريباً مجمل الأنواع الحية.

تحول إذن الجين خلال قرن من الزمان من مفهوم صورى محض إلى موضوع مستقل حقيقى يمكن أن نحفظه ونضاعف منه ونعدله بل ويمكن إدخاله فى

---

(١٦) عودة إلى صفات الأسلاف التى ابتعدت عنها الأنسال السابقة.

تركيبات بشكل مستقل عن الجهاز العضوى المأخوذ منه: المفتاح الأول لامتلاك الحى، التحكم فى "جزيئاته الأساسية" أصبح من الآن فصاعداً مهياً.

### إعادة التوليف:

#### أسطورة سيزيف للتحسين

إذا كانت أعمال مندل قد فتحت الباب أمام التعرف على الجينات والتلاعب بها، فإنها تشدد أيضاً على السمة اللازمة لإعادة التوليف. إذا كانت هناك سمتان يحكم كلاً منهما جين مختلف ويحوز كل منهما عدداً من المتغيرات أو الجينات متضادة الصفات<sup>(١٧)</sup> allèles، إعادة التوليف هذه ستسمح للمنتخب أن يبتكر أنماطاً جديدة بتجميع الجينات متضادة الصفات المرغوبة فى السمتين. وإذا كانت سمة معينة يحكمها عدد كبير من الجينات التى تقدم كل واحدة منها جينات متضادة الصفات كثيرة، فكل زوج من المنتجين سوف يحمل إمكانية توليد عدد لانهائى من الأفراد المختلفين فيما بينهم. إن نسل شخص يتميز بسمة ذات كفاءة عالية سوف يخضع إحصائياً لقانون التراجع لجالتون وسوف يكون مغايراً، مجبراً المنتخب على إعادة عمله من جيل إلى جيل (تعديلات فى السمة بمعدل من ٣ إلى ٥ تعدد تعديلات على درجة كبيرة من الأهمية) - إمكانية الحصول على إعادة الإنتاج طبق الأصل (أى إعادة إنتاج الميراث الجينى بالضبط) لفرد استثنائى هى إذن منذ وقت طويل أعز أمنية على المنتخبين.

فى أصل هذا التنوع يوجد انشطار مشيجى méiose (انشطار خاص يؤدي إلى وجود الخلايا الجنسية) يسيطر على إعادة إنتاج مجمل الأنواع الحية تقريباً ولا يؤدي إلى إعادة إنتاج مطابقة إلا فى حالات خاصة مثل التخصيب الذاتى للنبات المسماة "ذاتية السلاسل autogammes"، مثل القمح والفاصوليا والبطاطس. هذا النمط من إعادة الإنتاج عندما يكون صارماً عبر الزمن يؤدي بالفعل إلى أفراد

---

(١٧) زوج جينات متضادة الصفات يشغلان موقعين متناظرين على كروموسومين متماثلين.

"متماثلين homozygotes" لم يعودوا يمثلون تنوعاً في الجينات متضادة الصفات. وسوف يعطون نسلًا مكوناً من أفراد متطابقين جينياً فيما بينهم (نسخة clone) ومع أبيهم. يتم الحديث إذن عن "السلسلة النقية"، وتحت هذا الشكل ينتشر أغلب التنوعات الحالية لنوع مثل القمح.

النباتات الأخرى المسماة غيرية السلاسل allogamies (مثل الذرة والكولزا) تعيد إنتاج نفسها بين أفراد مختلفين. ولكن يمكن لنا أن نعيد إنتاجها بواسطة التخصيب الذاتى المتكرر. ويقترن انخفاض الشركة فى الدم بالزيادة المتنامية للتماثل ويشكل عقبة كبرى فى استخدام هذا المنهج. إن تلاقح السلاسل النقية يعطى بعد ذلك سلاسل "هجينة" متجانسة مكونة من أفراد متطابقين، أحياناً أكثر كفاءة من الجيل الأول: إنه تأثير التغاير hétérosis الذى ظهر بصورة ملفتة فى نبات الذرة، والذى يتطور تطبيقه الآن لدى أنواع مختلفة من النباتات ذات الزراعات الكبيرة (الأرز، كولزا)، أو لدى الخضروات (كرنب، طماطم).

لدى الحيوانات، ظواهر إعادة الإنتاج المطابقة للتخصيب الذاتى التلقائى أو التناسل البكرى parthénogenèse (تطوير البويضة دون إسهام جينى من سائل منوى) معروفة لدى اللافقاريات وبعض الفقاريات الدنيا، لكنها لا تتعلق بأى نوع من الأنواع التى يرببها الإنسان.

يبدو إذن أن استخدام "الشراكة فى الدم" من أجل خلق نسخ عملية طويلة ومحدودة ببعض الأنواع. ولهذا فقد اهتم الإنسان مبكراً بمناهج الاستساخ المباشر التى لا تتضمن انشطار مشيجى وتسمح بالحصول على أفراد متطابقين (نسخ) فى عملية واحدة.

ولدى النباتات، علاوة على المناهج القديمة فى الافتسال bouturage من الممكن تحفيز توالد الشتلة انطلاقاً من زراعات الأنسجة والحصول على تضاعف سريع ومطابق لنوعية جديدة مهمة من النبات (الورد، الأوركيد، النخيل، أشجار

مثمرة، أشجار غابة). هذا المنهج فى الاستتساخ يسمى "أفقياً" لأن الأفراد الناتجين هم من نفس جيل (بالمعنى الخاص بإعادة الإنتاج الجنسية) الأفراد المانحين للنسيج. لدى الحيوانات لم يكن مثل هذا الاستتساخ الأفقى معروفاً إلا فى الأشكال البسيطة من اللاقاريات ومن بينها هيدرا الماء العذب. ولهذا السبب فإن ميلاد النعجة دولى فى اسكتلندا فى يولييه ١٩٩٦، والذي توصل إليه فريق إيان ويلموت Ian Wilmut انطلاقاً من نقل بويضة مستخرجة من خلية ناتجة عن زراعة لنسيج من الغدة الثديية كان له هذا الصدى الإعلامى الكبير. يتعلق الأمر باستتساخ "رأسى" لأن الأفراد الناتجين يمكن اعتبارهم أبناء لأهم. مثل هذا الاستتساخ تم الحصول عليه لدى البرمائيات منذ عام ١٩٥٢، ثم لدى الثدييات المختلفة (خروف، بقرة، ماعز، أرنب) فى سنوات ١٩٨٠، ولكن باستخدام نوايا خلايا الجنين فى بداية نموه، منظوراً إليها بوصفها قادرة على توليد فرد مكتمل. استخدام الخلايا الآتية من أنسجة متفاوتة، متاحة بعدد كبير، يفتح الباب لإعادة الإنتاج المطابقة لأفراد بالغين، نكون قد فحصنا سلفاً خصائصهم.

المفتاح الثانى للتحكم فى التوالد، إمكانية إعادة الإنتاج، بالمعنى الدقيق، لفرد كفو، تبدو إذن من الآن فصاعداً متاحة بالنسبة لمجمل الكائنات الحية.

### منع إعادة الإنتاج: كارثة أم غاية؟

أدت ملاحظة الكائنات الحية غير القادرة على توليد نسل إلى الممارسات القديمة فى إخصاء العديد من الأنواع الحيوانية المستأنسة (خنازير، بقر، خيل، دواجن) من أجل تحسين نوعية المذاق أو الانقياد.

يوجد طريق آخر تم استغلاله بصورة واسعة هو التهجين بين الأنواع يمكنه السماح أحياناً بالحصول على نسل قادر على الحياة وعقيم. والمحصلة تبقى معروفة بالنسبة للحيوانات المستأنسة: البغل، البط الهجين وبعض طيور الزينة هي

النماذج الرئيسية. فى المقابل فى المملكة النباتية مثل التهجين ومازال أحد الأدوات الرئيسية للإنتاج المتنوع (أشجار الورد والعصل، وحبوب مثل الأرز، موالح، قهوة). ومع ذلك فالعقم ليس معمماً ولا يشكل الهدف الرئيسى للقائمين بالتحسين، الذين يسعون بالأحرى إلى التوليف بين الصفات. فى المقابل، فى حالات المهجنات ذات الخصوبة، يبدو نسلهم متنوعاً لأقصى حد، وبالتالي لا ينتجون سمات الأبوين: إنهم إذن عملياً غير قابلين لإعادة الإنتاج.

هذه الظاهرة التى تتجلى أيضاً فى تلاحقات بين السلاسل النقية داخل نفس النوع (حالة الذرة)، تجبر المزارع على شراء بذور جديدة كل عام. مثل هذه التبعية لا تكون مقبولة إلا إذا كان التحسين متجلياً فى المحصول أو فى التجانس، وهو ما يفسر بلاشك أن الذرة قد ظل لزمن طويل، رغم محاولات كثيرة فى أنواع أخرى نباتية وحيوانية، نموذجاً معزولاً نسبياً للنجاح الذى لا جدال فيه، فى هذا المجال.

وهناك تطور حديث، مضاعفة عدد الكروموزومات أو التضاعف ployploidisation يستخدم مواد تمنع الانقسام الخلوى (مثل السورنجان Colchicine)، وتسمح فى الغالب بمضاعفة عدد الكروموزومات. ننقل من حالة تقليدية يوجد فيها نسختين من كل الكروموزومات إلى حالة الازدواج diploide التقليدى حيث توجد الكروموزومات فى نسختين بل وحتى رباعية وسداسية وثمانية إذا تكررت العملية. هذا التعديل يعبر عن نفسه فى زيادة قوة نباتات الزينة وحجم الأعضاء، وبالتالي وجد تطبيقات عديدة لدى نباتات الزينة وكذلك لدى نباتات التغذية (حبوب، طماطم، باذنجان). هذه النباتات رباعية تسمح بواسطة التلاقح مع نباتات ثنائية بإنتاج أفراد ثلاثية، يمتلكون ثلاثة نماذج من كل كروموزوم: مثل هذا الوضع يدخل اضطراراً قوياً على تكوين الخلايا الجنسية ويؤدى بالتالى إلى تخفيض كبير للخصوبة، فالحبوب قليلة العدد وتكون فى الغالب مُجهضة (غياب البذور فى الموز أو بعض أنواع البطيخ).

حدثت تجارب عديدة لدى الحيوانات منذ سنوات ١٩٣٠، ولكن بدا أن اللاقاريات والفقاريات الدنيا (أسماك والضفادع) يمكن أن تعطى أفراداً متضاعفين

polyploïdes قابلين للحياة. فهكذا لدى أسماك الترويت ولدى المحار يؤدي منع النضج الجنسي الراجع إلى ثلاثية الازدواج triploïdie إلى تفادى إضعاف الحيوانات وتفادى تراجع نوعية المذاق خلال فترة إعادة الإنتاج.

سمح تقدم البيولوجيا الجزيئية بتصوير تطوير مناهج ذات قيمة أكثر عمومية، يكون التعبير عن الخصوبة فيها مرتبطاً بصورة وثيقة بمعالجة الجزيئات الخارجية الخاصة، التي تُنشّط أو تمنع تعبير بعض الجينات. المثال الأكثر شهرة هو التكنولوجيا التي يسميها معارضوها "المميت terminator"؛ والتي تم إتقانها في الولايات المتحدة الأمريكية في إطار تعاون بين أحد شركات البذور ووزارة الزراعة USDA. تكون النباتات في غياب أي معالجة، في العادة ذات خصوبة والبناء الجيني الداخلى يتسم بالصمت. إن معالجة البذور بواسطة المضاد الحيوى يطلق إعادة تنظيم للبناء، يسمح من الآن فصاعداً بالتعبير عن جين يفرز مادة تمنع تكوين الجنين. ستنتج البذور إذن نباتات تنتج حبوباً عادية، ولكن هذه الحبوب لا تحتوى على جنين وبالتالي فهي عقيمة. حتى وإن يعد استخدام تكنولوجيا "المميت" اليوم متصوراً، فإن هناك اختيارات أخرى ممكنة حالياً ويتم تطويرها بلا شك. فلنحتفظ إذن بالمعلومة الجوهرية: المفتاح التقنى الثالث لامتلاك الحى، الذى يسمح بالتحكم حسب الرغبة فى إنتاج النسل هو من الآن فصاعداً متاح بالقوة بالنسبة لعدد من الأنواع الحيوانية والنباتية.

### تطور السجال الاجتماعى

#### مصير نتحملة أم فرصة نقتنصها؟

إذا كان إنجاز أدوات تسمح بالتحكم فى التوالد قد امتد على فترة زمنية طويلة فإن التساؤل عن شرعية استخدامها لم يظهر إلا مؤخراً ويبدو أنه قد تشكل حول مسألتين مركزيتين كانتا مجرد مشاكل تأملية منذ حوالى ٥٠ عاماً أصبحت اليوم شيئاً فشيئاً مشاكل ملموسة:



- لمن ينتمى الحي؟ هل يتعلق الأمر بتراث مشترك وغير قابل لنقل الملكية للإنسانية كلها، أو يمكن لنا أن نترك الأفراد يطالبون بالملكية الخاصة لهذا الجزء من الميراث؟

- إلى أى مدى يمكن تعديل الحي؟ أى حدود ينبغي وضعها لخلق الكائنات الحية "المستحيلة" أى تلك التى تمتلك خصائص لم يكن أمام التطور الطبيعى أى حظ فى أن يزودها بها؟

**ملكية الحي:**

**حق فى تطور متسارع**

حتى بداية سنوات ١٩٩٠ كان هناك، فيما يبدو، تميز واضح، سواء على مستوى النظرية أو على مستوى الممارسة بين الموارد الجينية "الطبيعية" والأجناس والتتويجات النابعة من أنشطة المنتخبين.

تتضمن الموارد الجينية "الطبيعية" الأنواع الموجودة فى الحالة "الطبيعية" والتنوعات التقليدية المستخدمة بواسطة المزارعين والناجمة عن أجيال عديدة من الانتخاب الجماعى الملموس. خضعت هذه الموارد فى القرن العشرين لعمليات مهمة لجمعها وحفظها. فى عام ١٩٨٣ انتهى "الالتزام العالمى من أجل الموارد النباتية الخاصة بالزراعة والغذاء" تحت رعاية المنظمة الدولية للأغذية والزراعة التابعة لمنظمة الأمم المتحدة، إلى تأكيد المبدأ الذى بمقتضاه تمثل الموارد النباتية "تراثاً مشتركاً للإنسانية".

انطلاقاً من هذه الموارد، قام عدد من الممارسين العموميين أو الخاصين من خلال الانتخاب بتطوير تنويجات "حديثة" بدا من المشروع حماية نشرها. الهدف من هذه الحماية هو تشجيع الابتكار عن طريق ضمان مقابل مادي عادى للحائز على التتويجة على جهوده التى بذلها وذلك عن طريق احتكار بيع التتويجة الجديدة، وتشجيع التحول بالسماح للحاصلين الآخرين أن ينطلقوا من هذه التتويجات الحديثة

وليس من الموارد الجينية الأساسية، من أجل خلق تنوعية جديدة. هذه التنوعية الجديدة يمكنها بدورها أن تحصل على ماركة مسجلة وحماية، في حالة تميزها بسمّة أو عدة سمات عن التنوعات الموجودة. هذه القواعد التي تحكم شهادة الحيازة النباتية تم صياغتها عام ١٩٦١ أثناء اتفاق باريس الذي كان يجمع أربعين بلدًا. إذا كان الحائز يحتفظ باحتكار التوزيع التجاري لتنويته، فللمزارع الذي اشترى بذورًا أن يعيد، بلا قيود، بذر منتجات محصوله، وبالتالي يضاعف من التنوع لاستخدامه الخاص.

بالنسبة للحيوانات، مازالت القواعد أقل صرامة. ففي فرنسا، قانون تربية الحيوانات الصادر عام ١٩٦٦ فرض فقط، بالنسبة للأنواع الكبرى وبالنسبة لممارسة التلقيح الصناعي، استخدام عناصر إعادة إنتاج تعترف بها وحدة ترقية السلالة UPRA وهي منظمة جمعية تدير التحسين الجيني لعرق معين. هذه المنظمات لا تمتلك حق الاحتكار على السلالة: بيع الذكور من أجل التخصيب الطبيعي، أو الإناث يظل ممكنًا بالنسبة لأي مرب.

وقد مثل عقد سنوات ١٩٩٠ منعطفًا في هذه الرؤية المنفتحة جدًا. جاء الانقلاب الأول في عام ١٩٨٠: المحكمة العليا في الولايات المتحدة أكدت حينئذ أن مجرد كون أن مادة ما حية لا يجدر أن يستبعد إصدار البراءة. وقد أكد هذا التعامل الجديد مع الحي عدد من براءات الاختراع تتعلق بكائنات عضوية صغيرة، نباتات عابرة الأنواع، محار ثلاثي في ١٩٨٧ ثم في عام ١٩٨٨ فأر معامل عابر للأنواع؛ من الآن فصاعدًا، يُعدّ الحي، وإن بصورة جزئية، "اختراعًا" إنسانيًا حقيقيًا.

وفي نفس الاتجاه، تبنى الاتحاد الأوروبي في عام ١٩٩٨ توجيهًا خاصًا بإصدار البراءات للاختراعات البيوتكنولوجية. تظل التنوعات النباتية والسلالات الحيوانية الناتجة عن المناهج التقليدية مستبعدة من مجال التطبيق. ويظل مسموحًا للمزارعين أن يعيدوا بذر البذور العابرة للأنواع لاستخدامهم الخاص. ولكننا نتخيل

فى المستقبل مدى تعقد الوضع القانونى لنبات يجمع بين جينات مختلفة تحمل كل منها براءة اختراع جاءت عن طريق توليد عبر نوعى وخصائص محسنة عن طريق الانتخاب ويحميها نظام الحيازات النباتية.

وأخيراً اعترفت اتفاقية ريو عن التنوع الحيوى عام ١٩٩٢ والتى وقعتها حينئذ مائة وأربع وستون دولة، بسيادة الدول على الموارد الحية فى أراضيها، وتلزم اتفاقية مراكش عام ١٩٩٤ المائة والاثنتين وثلاثين دولة الأعضاء فى منظمة التجارة العالمية بحماية الملكية الفكرية على أراضيها.

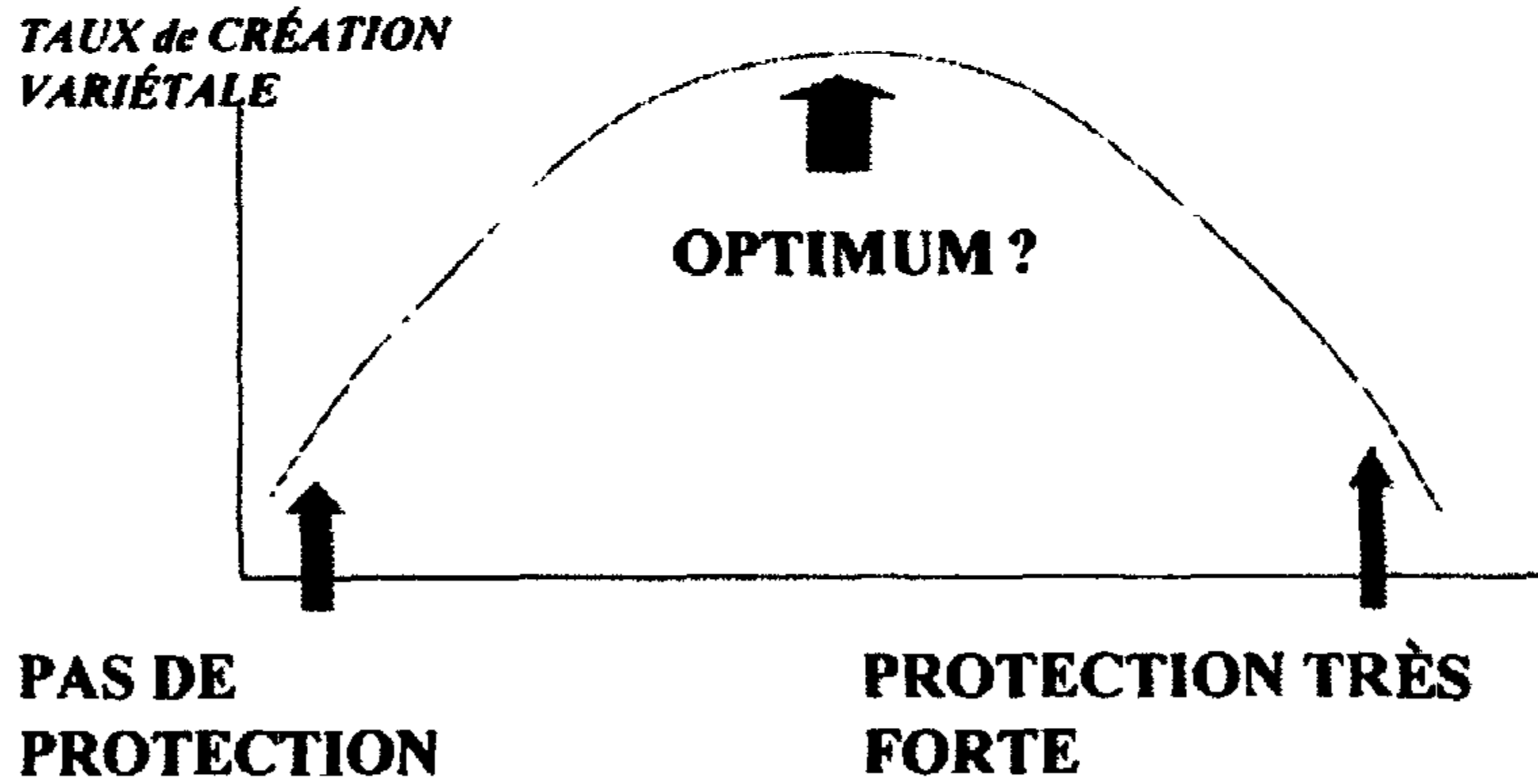
على مدى خمسين عاماً انتقل وضع المادة الحية من مفهوم الموضوع الطبيعى الذى يمكن لنا بالتأكد أن نكتشفه ولكن لا يمكن أن نمتلك عناصره، إلى وضع الاختراع الناتج عن الصناعة الإنسانية، الذى يمكن حمايته هو أيضاً مثل كل ابتكار إنسانى أصيل. يعكس هذا التغير تطوراً فى مفهومنا لدور كل من الطبيعة والبشر، وكذلك الدور الخاص للبشر على اختلافهم الذين ساهموا، عبر الزمن، فى صياغة الكائنات الحية اليوم.

### رؤية اقتصادية: كيف يمكن تشجيع الابتكار على أفضل وجه؟

يمكن تقديم تحليل أولى لهذا التطور فى القانون من زاوية الاقتصاد العام. ويمكن للرهان أن يصاغ كالاتى: أى مردود مادى وأى حماية يمكن أن نُقرَّ بها للفاعلين (مُزارع، مُنتخب، مُكاثِر) لى نشجعهم على متابعة ابتكار ونشر تنويعات متكيفة مع زراعة فى تطور؟ يظل الخلق المستمر رهاناً مهماً، لأن على التنويعات أن تتكيف باستمرار لمواجهة تطور الآفات المدمرة والظروف البيئية.

من السهل نسبياً فحص الاختيارين المتطرفين والانتهاى إلى الحكم بأنهما لا يمثلان الوضع الأفضل: غياب الحماية سيقول من الدافعية ويمكن أن يؤدى إلى أن يقلل بشدة من انتشار الاختراع، الذى لن يستخدم إلا فى إطار نظم مغلقة. وفى المقابل فإن نظم حماية مفرطة، فى المدة والصيغ، سوف تخلق أرباحاً من هذا

الوضع، وسوف تكبح تطبيق التكنولوجيا على مواقف أخرى ويمكن أن تمنع اندراج فاعلين جدد. من اللائق إذن تحديد حل وسط بين هذين الوضعين المتطرفين، يمكن أن يتنوع من بلد إلى أخرى وعليه أن يتوافق مع تطور الزراعة، وهنا يكمن خطر الحلول العامة والكلية التي تطرحها البلاد المتقدمة. (شكل ٢)



شكل (٢)

وفي صلة بهذا الموضوع هناك مسألتان تطرحان نفسيهما حالياً حول الدور الذي ينبغي أن تلعبه الدولة في تنظيم الإنتاج الغذائي:

- في عدد من البلاد المتقدمة أو النامية تلعب الدولة منذ ٥٠ عامًا دوراً رئيسياً في التحسين الجيني الحيواني والنباتي، سواء بوصفها منظمًا أو فاعلاً مباشراً. ومنذ حوالي عشرين عامًا، أدى الظهور المتنامي للفاعلين الخاصين ذوي الكفاءة، ولاسيما بالنسبة لنباتات الزراعات الكبرى إلى تخذل متعظم ومتعمد للبحث العام. إلى أي مدى يصل هذا التخلي؟ هل ينبغي على الدولة أن تحتفظ بمجال خاص بها؟

- في المجال الغذائي الزراعي، كل فاعل يسعى من جانبه إلى زيادة فائض القيمة. وهو نفس طموح القائمين بالتزويد في المنبع والقائمين بالتوزيع في المصب

مرورًا بالمزارعين وصناعات التحويل، وكل تجديد من شأنه أن يغير هذه القسمة. وما أن تسمح هذه التحويلات بتركيز النشاط بين عدد صغير جدا من الأطراف، يمكن لنا أن نقلق من أوضاع التبعية التي تنتج عن ذلك بالنسبة للمزارعين وللأمن الغذائي في البلد بأسرها. فهل ينبغي للدولة أن تتدخل لتنظم هذه التطورات وكيف؟

إن تحديد وتطبيق قواعد تسمح بامتلاك الحي، يعنى ضمناً إذن القيام باختيار بشأن التنظيم الاقتصادي والاجتماعي المستقبلي: وينتقل الجدل من جدل تقنى إلى جدل سياسى، كما بينت ذلك بوضوح المناقشات الأخيرة التي دارت حول مؤتمر سياتل.

### الجدل الأخلاقي: بعض القواعد من أجل أخلاق بيولوجية لما هو "غير إنسانى":

يوجد تناول آخر لموضوع الامتلاك حيث إن مسألة الرهانات الأخلاقية مطروحة بصورة متزايدة. هذه المسألة الخاصة بأخلاق العلاقات بين الإنسان والطبيعة، ولاسيما إذا كانت مرتبطة بالقدرات الجديدة في التدخل التي سمح بها العلم، تطرح عدة مسائل غير مسبقة:

- لا الكتاب المقدس ولا القرآن يضعان حدوداً بينة لسيطرة الإنسان على الطبيعة، اللهم إلا الاهتمام الذي يجب أن يوجهه للأنواع المفيدة للإنسان، وهو اهتمام ذو بعد نفعي واضح. حتى العهد الجديد لا يعبر عن أى رافة بشجرة التين التي لا تحمل ثماراً (إنجيل متى، ١٩، ٢١).

- التعاملات الممكنة مع الأنواع الحية هي نفسها غير مسبقة وبُعدها الأخلاقي لا يدرك بسهولة. إذا لمح كل فرد بسهولة البعد الأخلاقي لتشريح الحيوانات، فإن التكوين عبر النوعى بين أنواع متباعدة أو إجراء زراعات أعضاء غريبة تبدو أولاً وكأنها أفعال تقنية محضة، لا بعد أخلاقي لها مثلها مثل تكوين محرك سيارة.

يؤدي هذا الموقف في الغياب الكامل للمرجعيات إلى تنوع كبير في المسالك الفردية، بداية من أولئك الذين لا يتعرفون على أي بعد أخلاقي في الإمكانيات التقنية للبيولوجيا الحديثة - المهم أن تكون هذه التقنيات فعالة ومضمونة - إلى أولئك الذين يعتبرون أن انتهاكات كبيرة، تؤثر حتى في جوهر الإنسان نفسه هي بسبيلها إلى الحدوث دون أن يكون في مقدرة أحد الاعتراض. علاوة على ذلك فإن خلف هذه المسالك المختلفة تتجلى ضمناً بلا شك تمثيلات مختلفة للطبيعة.

من أجل وضع قواعد لهذه الأخلاق الجديدة، طُرحت مقاربات عديدة:

- التناول التقليدي والإنساني يحتفظ بالصيرورة الإنسانية بوصفها غاية قصوى ويؤسس صلة بين التأثيرات على الطبيعة والنتائج التي يمكن أن تحدث على المدى القصير أو الطويل، من أجل مستقبل الإنسان نفسه. وهذا هو على وجه خاص تناول الفيلسوف الألماني هانز يونس Hans Jonas في كتابه الصادر عام ١٩٧٩ "مبدأ المسؤولية"، وهو مبدأ يعبر عن نفسه بهذه الصيغة: "تصرف بحيث يكون فعلك متوافقاً مع دوام حياة إنسانية أصيلة على الأرض، بصورة لا تجعل نتائج فعلك مدمرة للإمكانية المستقبلية لمثل هذه الحياة".

- فكرة أن الطبيعة تمتلك حقوقاً خاصة على الإنسان احترامها، حتى على حساب مستقبله الخاص، هي فكرة يبرزها التيار الأنجلو - ساكسوني في نزعة مناصرة البيئة المتشددة *écologie profonde* الذي يؤكد أنه ليس للإنسان حقوق أكثر من غيره من الأنواع الحية، وينبغي عليه أن يندمج في أداء كوكب الأرض دون أن يسئ إليه. الأرض نفسها تشبه "كائن حي أسمي": إنها فرضية جايا Gaïa التي بلورها منذ حوالي عشرين عاماً الإنجليزي جيمس لوفلوك James Lovelock. وبصورة محدود أكثر، فإن بصدد حقوق لبعض الأنواع، وخصوصاً الأنواع الحيوانية المستأنسة المرتبطة من الآن فصاعداً بوحدة مصير مع الإنسان، يدافع عنها بعض الفلاسفة مثل إليزابيث دو فونتاني Elisabeth de Fontenay.

إذا كان من حق العلماء فرض آرائهم في تحديد هذه الأخلاق الجديدة للحي، فإن مسئوليتهم في المقابل هي أن يساهموا في توضيح مسألتين:

- إلقاء الضوء على البعد الأخلاقي الكامن خلف أي اختراع تكنولوجي حيوي والذي، كما رأينا، ليس قابلاً لأن يلاحظ بشكل مباشر بل إنه محتجب خلف البعد التقني الخالص للتناول. هذه السمة الاختزالية للمسيرة العلمية قد حللها بشكل جيد جان لادريير Jean Ladrière.

- المساعدة في تحديد ما هي "الطبيعة" حقاً، من زاوية الحساسية للتدخلات البشرية أو الإشارة في بعض الحالات إلى دور العلم، عندما يبدو مستحيلاً أن نتوقع فعلاً نتائج ظاهرة معينة.

### خلاصة:

إن تقدم البيولوجيا وما قامت به من تطوير للقدرة على امتلاك الحي قد أديا إلى وضع هذه الضروب من التقدم، ولاسيما هذه التطبيقات، تحت النظرة المنتبهة والنقدية أحياناً للمجتمع. وسوف يندم البعض على الزمن الذي كانت فيه البيولوجيا تتطور بعيداً عن هذه النظرة. وسيندمون بصورة أشد على الزمن الذي كانت فيه نجاحات البيولوجيا لا تثير إلا الإعجاب. من جانبي، يسعدني هذا الاهتمام الذي يؤكد على أن مغامرة البحث ليست سعيًا فرديًا ولكن اشتراك في بناء مجتمع الغد، بناء لن يتم إلا بحوار مع أولئك الذين يقدرّون أن لهم كلمة في كل ما سوف يكون، أي جميع المواطنين.

وكما قال جان روستان Jean Roustand: "لقد أصبح الإنسان مفرط القوة لدرجة لا يسمح لنفسه فيها أن يلعب بالشر. إن فرط قوته يحكم عليه بالفضيلة".

## المراجع:

1. ARISTOTE, *De la génération des animaux*, cité dans André Pichot, *Histoire de la notion de vie*, Gallimard, 1993, p. 106-116.
2. BLANC (M.), *La Recherche*, n° 151, 1984, p. 46-59.
3. SERRE (J.-L.), *La Recherche*, n° 155, 1984, p. 1072-1081.
4. JONAS (H.), *Le Principe responsabilité*, Paris, Le Ccrf, 1990.
5. BOURG (D.), *La Recherche*, n° 256, 1993, p. 886-890.
6. BARBAULT (R.), *Des baleines, des bactéries et des hommes*, Paris, Odile Jacob, 1994, p. 209-211.
7. DE FONTENAY (E.), *Le Silence des bêtes*, Paris, Fayard, 1998.
8. LADRIÈRE (J.), *L'Éthique dans l'univers de la rationalité*, Québec, ARTEL-FIDES, 1997, chap. 3 et 12.
9. ROSTAND (J.), *Inquiétudes d'un biologiste*, Paris, Stock, 1967, p. 63.





## الباب الرابع

# مظاهر التطور البشرى



## الجنين هذا المجهول<sup>(١)</sup>

بقلم: رينيه فريدمان

René FRYMAN

ترجمة: لبنى الريدى

إن الإنسان هو مقياس كل الأشياء،

بالنسبة لتلك التى هى مقياس لوجودها،

وبالنسبة لتلك التى هى ليست قط مقياساً لعدم وجودها.

بروتوغوراس Protogoras، فى أفلاطون Le Théétète، Platon

على امتداد المناقشات طرحت القضية التالية كثيراً: «إنك توصى بالحوار بين الأديان والطب، لكن موافقك لا يمكن التوفيق بينها. بالنسبة للأديان، الجنين هو "كل شيء تقريباً" وهو بالنسبة لك "لا شيء تقريباً"». إنى أوافق جزئياً على هذا التأكيد، ما عدا أن هذا التقسيم الثنائى حاد بعض الشيء: إن الجنين بالنسبة لى يتأرجح بين لا شيء تقريباً وكل شيء تقريباً... وكما سوف أفسر ذلك فيما بعد، إنه ليس كل شيء وليس لا شيء، بل هو يظل فى وضع "بين بين"، على حد تعبير دانييل سيبونى (Daniel Sibony). إن المشروع الذى يحمله، والنظرة التى يحملها له والدا المستقبل، يقربانه من ناحية أو أخرى من هذا الـ"بين بين". على النقيض، ترى الأديان فى تحليل جنين، أو فى الإجهاض الطبى للحمل، فعلاً مداناً أخلاقياً، وذلك فضلاً عن الأهمية التى توليها الأديان لمفهوم حياة شبه مقدس (على الأقل مطهر). إنها لا تستطيع أن تقبل بأى حركة تدمير إلا باسم مبدأ الضرر الأقل. من وجهة نظرى، الجنين هو "لا شيء تقريباً" قابل إن يصبح "كل شيء تقريباً"، لأنه

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٣ التى أقيمت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٣ يناير ٢٠٠٠.

منتظر ومرجو، لكنه فى نظر الأديان "كل شىء تقريباً" ولا يمكن التضحية به إلا باسم مبدأ علوى. هنا يكمن الاختلاف بين التناول الدينى، الذى يفترض مسبقاً وجود رب ومن ثم روح، والذى يرى فى الحياة "هبة" من الخالق، وبين التناول الإنسانى الذى يعرف "الشخص" بالنسبة للبشر الآخرين، وليس بالنسبة إلى الرب. فى ظل هذا التصور للإنسان، تكون عملية الأنسنة فعلاً دائماً، لا يستكمل أبداً، وفى حالة صيرورة دائمة. تبدأ برغبة الأم فى ابنها. ويكون عندئذ مجرد وعد. لكنه يزدهر مع مرور الوقت.

إن التقاليد الدينية ليس لها كلها بالطبع النظرة نفسها للجنين. ومن ثم لا يدعو للدهشة أن تكون البروتستانتية الأوروبية ذات النزعة الكلفينية أحد المصادر الأساسية للعلمانية... وفى الوقت نفسه، هى إحدى الفلسفات الأكثر انفتاحاً للحوار مع الفلسفات الإنسانية الملحدة. إن وثائق الاتحاد البروتستانتي الفرنسى تعبر عن هذه الرغبة فى عدم إضفاء القداسة على الجنين، وإنما الاهتمام قبل كل شىء بازدهار المرأة وصحتها. كما تؤكد هذه الوثائق على حقوق الطفل الذى لم يولد بعد والطفل الذى ولد، أكثر من تأكيدها على شروط الفعل الإنجابى، أو الوضع القانونى لبعض الخلايا الناشئة عن انقسام البويضة الملقحة. إن النتائج التى توصل إليها علماء اللاهوت الإصلاحيون تلتقى جزئياً مع ما توصلت إليه: إننا بإعطاء "وجود" مبالغ فيه و"شخصية" مبالغ فيها للجنين، نحط من مفهوم الشخص الإنسانى ونجرده من أهليته. لكن هذا الرفض لتقديس الجنين لا يسمح بكل الممارسات.

إن اليهودية، مثلها مثل البروتستانتية، تركز تفكيرها على الإنسان الحقيقى وليس على الكائن الافتراضى الذى يمثله الجنين. لذلك، بلا شك، ينظر الحاخامات بنوع من الانفتاح لممارستنا الخاصة بالإنجاب المستفيد بمساعدة طبية. من ناحية أخرى، اليهودية هى الوحيدة التى تعتبر أن التشخيص السابق لعملية زرع البويضة الخصبة فى الرحم، أفضل من التشخيص قبل الولادة. وهى الوحيدة التى تتفق فى هذه النقطة، مع معتقداتى الحميمة حول الموضوع. وهناك خاصية أخرى للعقيدة اليهودية: أخذ المرأة كمرجع أساسى فى كل قرار، وألا نتوه قط فى مناقشات لا

تنتهى عن الوضع المحتمل للجنين. إذا كان الجنين بالنسبة لها مرادفًا للشقاء المعنوى أو لمخاطرة جسدية كبرى، فإن اليهودية تعتبر أن كل شيء يجب أن يتم لـ"إنقاذ" المرأة. لأن المرأة تعتبر "روحًا" (nefesh) ومن ثم شخصًا كاملاً، بينما الطفل فى الرحم لا يصبح كذلك بالكامل إلا عند خروج رأسه. تفصيلاً: إن اليهودية ممارسة، "ممارسة قديمة"، أكثر منها مجموعة مدونة من المعتقدات. إن الأحكام التى ينطق بها الحاخامات، حتى وإن كانت تتباين غالباً مع أحكامى، تعتمد قبل كل شيء على تحليل كل حالة، وليس على أصول العقيدة. بالنسبة لى كطبيب معالج، يتعامل مع مرضى وليس كائنات لا مادية، أشعر براحة فى ظل منطق يأخذ فى الاعتبار السمات الخاصة بكل شخص، أكثر منها فى ظل الإطار المتصلب للنواهي الكاثوليكية.

أخيراً، لا أنفى أن المرء يظل دائماً مطبوعاً بالأساس الثقافى الذى كبر فى ظله. لقد تربيت كملحد، وملحدًا أنا. لكن بعض طرق التفكير، التى تميز الفكر اليهودى، مألوفة لى أكثر من العقلانية الباردة، القاحلة، سواء كانت لمفكرين ماديّين أو لعلماء الحجة الكاثوليكية. إنى أعتقد إذن أنه يظل هناك دائماً تداخل بين المجتمع وما هو دينى، حتى فى فرنسا التى تتحمل عالياً وبقوة مسئولية علمانيّتها. ومن ثم فإن مفاهيمنا الخاصة بالجنين، منذ قرون، هى فى جزء كبير منها وريثة الوثنية والفلسفة اليونانية. ويكفى أيضاً، فى هذا الصدد، ملاحظة التشريعات المقررة فى العالم، لإدراك أن البلدان ذات التقاليد اللاتينية تفترض مسبقاً تعريفات للجنين مختلفة جداً عن بلدان شمال أوروبا. على مر السنين، ناضلت داخل المجلس الوطنى للأخلاق أو انطلاقاً من سلطات أخرى، لاقتراح "فكرة" للجنين، تتفق أكثر مع النموذج الأنجلو-سكسونى، العملى والمنفعى، إن لم يوجد مأخذ عليه فلسفياً. (إنى أشير هنا إلى مفهوم ما قبل - الجنين، المستخدم فى بريطانيا، لوصف الجنين الذى يقل عمره عن ١٤ يوماً). من الضرورى ملاحظة أن الفصل بين الكنيسة والدولة فى فرنسا موجود فى النصوص، لكن هناك حالة ما ذهنية "كاثوليكية" باقية. إن طريقة تفكيرنا التى تكيفت بألفى عام من التعاليم الدينية، يظل مسيطراً عليها

مفهوم المسموح والمحظور، ومفهوم العقيدة التي لا يمكن الاعتراض عليها. إننا ننتظر قانون يهبط من أعلى، "وحي"، يحدد لنا، دون أن يترك أدنى مجالاً للشك، ما لا نستطيع أن نفعله وما هو مشروع تحقيقه، بدلاً من الاعتماد على "ضميرنا". إننا نتمنى إجابة عامة، موحدة، جامعة، حيث كل إنسان يمثل حالة خاصة. سيكون التحدي من الآن فصاعداً، بعد النجاح في فصل الكنيسة عن الدولة على المستوى القانوني، هو التوصل إلى نفس الاستقلال بين ما هو سياسي وما هو ديني، لكن في أذهاننا وتفكيرنا. سيقال لي، هل هو مثل أعلى خيالي؟ إن ذلك ليس أكيداً لهذه الدرجة. يمكن وضع نموذج جديد، لا يرفض الدين، لكنه يسمح له بأن يظل في المحيط الفردي. وسأعود إلى هذه النقطة فيما بعد.

إن مفهوم "الشخص المحتمل" الذي وصفه الـ CCNE للإشارة إلى الجنين، يتعلق بهذا المنطق، المتأثر بالكاثوليكية. ومع ذلك، في مواجهة استحالة ذكر وضع الجنين... تم إعطاء تعريف للجنين. إنه تعريف مفتوح، لكنه لا يحل شيئاً. إن ذلك أفضل بالطبع. لأنه لو تم تحديد وضع الجنين بشكل أكثر وضوحاً، في اتجاه "الشيء" أو في اتجاه "الشخص"، لكنا انتهينا من ناحية إلى تحقيق أمل الإنسانية الذي يعتبر الجنين حاملاً له، وإلى تجمد قانوني شامل من ناحية أخرى. لو أن الجنين شخص لما أصبح هناك شيء مسموح به. لكن هل كان من الضروري حقاً إعطاء تعريف؟ ألم يكن من الحكمة أكثر الاعتراف بأننا نواجه مشكلة منطقية غير قابلة للحل. من جانبي، حتى لو اقتضى الأمر أن أثبت وضعا وجوديا للجنين، فإنني أفضل أن نتكلم عن "احتمالية الشخص". ويتطابق ذلك بشكل أفضل مع هذا "البين بين" العزيز على. في تعبير "الشخص الاحتمالي"، يتم قبل كل شيء تعظيم مفهوم الشخص. بينما في احتمالية الشخص، يتم التعبير عن المستقبل، عن الأمل. ويكون الجنين بالتالي وعداً بالوجود. وهو مع ذلك، وعد لا يتم الوفاء به في كثير من الأحيان. إن ذكر احتمالية الشخص يعني أننا نقول إن هذا الـ "لا شيء تقريباً" يمكن أن يصبح "كل شيء تقريباً". إنني ألاحظ بسعادة تطوراً صغيراً في طرق تفكيرنا، يتجه إلى مزيد من الفكر العملي وإلى قدر أقل من الفكر النظري. إن الأحكام الحديثة للقانون، التي

تسمح بالتشخيص السابق لعملية زرع البويضة المخصبة في الرحم، توضح جيداً أن الجنين لم يعد تماماً هذا المقدس الذي "لا يمَس"، الذي كانه سابقاً.

لقد فهم المشرع المأزق جيداً. ووضع قوانين تطبق على الجنين، لكنها لا تمنحه وضعاً "قانونياً". في الواقع، يبدو لي أن وضع الجنين "غير قابل للحسم"، ويجب أن يظل كذلك. تفترض عناصر متعددة أن الجنين ليس شخصاً. ومن ثم تثار قضية وحدانية وتفرد الشخص البشري. وإن كان الجنين، حتى اليوم الرابع عشر، يمكن أن ينشطر ويؤدي إلى ميلاد توأم، فإن تجربة مينتز (Mintz) تمكنت من دمج لاقحتين<sup>(٢)</sup> (zygotes) لفأر في لاقحة واحدة،<sup>(٣)</sup> مما يفتح الباب لفرضية أنه يمكن لجنينين بشريين أن يؤديا إلى شخص واحد (يبدو أن حالة الخنوثة التي حدثت مؤخراً عقب تخصيب في أنبوب اختبار تؤكد هذا الاحتمال: لقد تم دمج جنينين، واحد من الجنس الذكري والآخر من الجنس الأنثوي، مما أدى لميلاد نوع من "المسخ").<sup>(٤)</sup> وتذكر حجة ثانية: إن التواتر الأقصى لحالات الإجهاض التلقائي للجنس البشري، والتي تطال على الأقل حالة حمل من بين كل ثلاث حالات، يثير تساؤلاً: كيف يمكن القبول بأن "الطبيعة" أو الرب يضحيان بكل هذا العدد من "الأشخاص". قد تبدو لي هذه الحجج مثيرة للاهتمام لكنها غير كافية لتأسيس علم أخلاق. إنني لا اعتقد في إمكانية "علم أخلاق طبيعي". إن الإنسان وحده هو الحيوان الأخلاقي، أما الطبيعة فهي حيادية، كريمة في كثير من الأحيان، وقاسية أحياناً، بشكل عشوائي غير مقصود. من ناحية أخرى، يفضي القبول بالطبيعة كمعيار أخلاقي إلى مواقف متناقضة. سنذكر كمثال لذلك أهمية "إمكانية الرؤية" كحجة لتحديد وضع للجنين. لقد بينت في بحث حديث إلى أي مدى اعتبرت اليهودية والإسلام والمسيحية في القرون الوسطى، وكلها متأثرة بفكر أرسطو، أن

---

(٢) اللاقحة خلية تنشأ من اتحاد مشيجين. (المترجم)

(٣) نجح ب. مينتز B.Mintz في إنتاج فأر حي انطلاقاً من دمج لاقحتين متحدرتين من والدين مختلفين.

(٤) في عام ١٩٦٢، أثارت حالة خنوثة اهتمام الباحثين. كان الطفل يحمل مكونات وراثية مزدوجة،

46XX و 46XY.



بداية ظهور شكل بشري لدى الجنين ذى الـ ٤ يومًا هي لحظة بث الروح. وبالطريقة نفسها، أدى تقدم العلم، فى العصر الحديث، بإتاحته إمكانية رؤية الجنين بشكل أكبر باستمرار، إلى منح الجنين هذه الإضافة الخاصة بالروح، هذه الإضافة الخاصة بالحياة، والتي تجعل بعض باحثى علم الأخلاق يقولون حاليًا إن الجنين يصبح شخصًا منذ لحظة التخصيب، أى بمجرد انضمام إرثين وراثيين. وبالتالي كسب هذا الجنين، مع مرور القرون، "استقلاله الذاتى" فى وقت مبكر بشكل متزايد، وبفضل العلم، الذى رغب أن يكون ملحدًا، وجد الجنين نفسه، وبشكل متناقض منطقيًا، يُمنح روحًا منذ البدايات! ينتمى الجنين، غير المرئى للعين المجردة، إلى لا كينونة إدراكنا اليومي. لكن العلم، من فرط نفاذه إلى خفايا البيولوجيا، يمنح الجنين المزيد من الوجود باستمرار. لدرجة أنه منذ بداية القرن العشرين وحتى الخمسينيات منه، كما تذكرنا المؤرخة باربارا دودين (Barbara Duden)، "كانت الأخلاق الدينية ترى ضرورة إقناع المعالجين بأن يرشوا بالماء كل سائل يحتمل أنه ناتج من إجهاض، وتعميده بنطق الصيغة التالية: إذا كنت كائنًا بشريًا... " منذ القرنين السابع عشر والثامن عشر، بدأ العلم، أى ملاحظة الطبيعة، يعطى للأمشجة الذكرية والأنثوية، ثم للجنين، إمكانية الرؤية، وسمح بالقول إن المرأة حامل، طبقًا لمعايير خارجية عن المرأة. حتى ذلك الحين، كان الإفراغ الإرادى للطفل الذى تحرك داخل رحم أمه هو فقط الذى يعتبر إجهاضًا، لأن الأم كانت الحكم الوحيد لمعرفة إذا كانت حاملًا، وبفضل حدسها هى وحدها الحكم على "الشعور" بالطفل الذى تحمله إذا كان لا يزال حيا. حاليًا، وبدون تردد أمام مبالغة القول، يتهموننا بـ "قتل" تكديسات من الخلايا لا يتعدى عمرها بضعة أيام وتم زراعتها فى المختبر. إن ظاهرة إمكانية الرؤية تلعب هنا أيضا دورًا، بما أنه ينظر إلى "موت" جنين فى المختبر على أنه فضيحة، بينما لا تثير الانفعالات نفسها أجنة صغيرة أخرى، مثل التى تطردها موانع الحمل.

قد تكون الطبيعة شرطًا ضروريًا لوضع أسس علم الأخلاق لكنها غير كافية بآية حال. إن أخذ الطبيعة كمعيار، يعنى الانطلاق من مقدمة منطقية متحركة تبعًا

للاكتشافات. كما يعنى ذلك إرساء تمييز بين الأجنة المختلفة تبعًا للوسط المادى الذى تعيش فيه (حماية قصوى للجنين فى المختبر، مقابل الجنين فى الرحم). وتبدو لى هذه الحجج غير قابلة للدفاع عنها فلسفيا. هناك من سيعترض على قائلا: " ومع ذلك، لقد أدخلت شخصيا مصطلح الجنين - اللاقحة، للحديث عن هذه الكائنات الصغيرة التى تبحر فى البين بين". لكن سنلاحظ أنى لم أحدد أبدا سنا فاصلة، يصبح الجنين بعدها جنينا، فى حين لن يكون قبل هذه السن سوى جنين - لاقحة. على النقيض، ينبى مفهوم ما قبل - الجنين، الذى يستخدمه الأنجلو - ساكسون، على البيولوجيا لتحديد حالة ميتافيزيقية: حتى اليوم الثالث عشر يكون "لا شىء" ويمكن تنفيذ كل شىء عليه، بينما يصبح الجنين بعد ذلك "مقدسا". ويبرر اختيار كلمة "جنين - لاقحة"، رغم ثقلها وعدم رشاققتها، بموجب معايير أخرى. إن هذا المصطلح موجود لىذكرنا أن ما نقوم بزراعته هى مجموعات من الخلايا وليست أطفالا فى شكل مصغر. فى الخيال الجماعى، وفى مجموع الرموز اليومية، يكون الجنين أقنومًا، وتخلع عليه الصفات البشرية. ويتم تخيله، كما قلت مرارًا، مثل "الدمية باربى"، وليس كما هو عليه فى الحقيقة: أى مستقبل ولا شىء غير ذلك. وقد يكون هذا المستقبل أيضا مشروطًا: يجب أن تسمح له الطبيعة أن يعيش، وفى الوقت نفسه تحمله رغبة الوالدين نحو الإنسانية.

لقد تحدثت بالنسبة للجنين عن "احتمالية شخص". ونجد لدى بعض البروتستانت طريقة أخرى لتعريف الجنين، تبدو لى مغرية جدا، فهم يفترضون أن الجنين "يكون شخصًا" وإنه "ليس شخصًا". لهذا التعريف أهمية مزدوجة. أولا، يناهض هذا التعريف أنواع تفكيرنا المعتادة ولا ينبع من مجرد الملاحظة البسيطة. لقد عبرت عن عدم ثقى تجاه علم أخلاق "طبيعى". إن هذا التعريف للجنين، بما يبرزه من تناقض ظاهرى، يرفض النتائج شديدة البساطة والمتعجلة جدا التى توفرها الملاحظة وحدها. ويرجع السبب الثانى إلى أن هذا المفهوم المثير "شخص ليس بشخص"، يتطابق تمامًا مع تعريف "لا شىء تقريبًا وكل شىء تقريبًا"، الذى يمثله الجنين بالنسبة لى. إنه مقدس، فهو حامل لمشروع والديه، ويجب استعمال

كل شيء لإنقاذه، كما لو أن الأمر يتعلق فعلاً بشخص. لكن بدون مشروع والديه، وبدون مستقبل، لا يكون لا شيء تماماً، نظراً للمصير الذي كان يمكن أن يصبح له، فهو "لا شيء تقريباً". إننى أدين للجنين بشكل ما من الاحترام، خاصة الاحترام بعدم اعتباره أبداً كمادة، قابلة للتسويق، يمكن التنازل عنها.

إنى أستعير السطور التالية من فرانس كيريه (France Quéré)، التى كتبتها بشكل رائع، بما هو معروف عنها من إلهام وشاعرية: "إن قضيتى شخصنة فورية أو مؤجلة، تكونان تعسفيتين لو تم تناولهما بشكل منفصل، لكنهما معاً ينطقان بحقيقة[...] غير أن تزيينهما بأسماء مغلوبة تاريخياً، إنسان، شخص، ذات، يمنحهما شرفاً فى غير محله، كما لو كان غير كاف لكرامتهما القول إن هناك كائناً بشرياً، وهو تعبير لا يمكن الاعتراض عليه فى كل مراحل نموه". ويذهب تفكير عالمة اللاهوت إلى أبعد من ذلك: "إذا كانت المسيرة نحو التعقيد والتشعب، ومستويات التنظيم المتتالية، والانفعالية، والثقافة، والأدوار فى قلب الجماعة، وأهلية أن يكون المرء صاحب حق والتزام، وهو ما حياه عدد كبير من الفلاسفة ابتداءً من كانت (Kant) إلى جابرييل مارسيل (Gabriel Marcel)، لا تمثل شيئاً أكثر من أربع خلايا أولية لا يمكن أن توجد أية علاقة معها، يكون الإنسان معرضاً بشكل خطير إلى إثبات حالة عدم أهلية. إن تحميل الدين فوق طاقته بما هو إنسانى، يعرضه لأن يداس بالأقدام". إننى أقدر عالياً نزاهة الكاتبة عندما تضيف: "لقد تصفحت كانت (Kant) طويلاً وكل الذين تكلموا عن الشخص البشرى، لكن ذلك لم يوضح لى شيئاً. بقدر ما علمنى علم الأخلاق منذ قرون طريقة معاملة أقرانى، بقدر ما ظل صامتاً ولأسباب وجيهة أمام هذه المواقف التى لا مثيل لها، حيث ما بين المضغة والجنين والمرضى المزمنين الذين توقفت فيهم مظاهر الحياة فيما عدا ما يتصل بالتغذية والإخراج، وأولئك الذين يعانون من موت دماغى، أقابل شخصيات غير عادية، يصعب التعرف عليها بشرياً، وأتمتع بسلطات عليهم غريبة عن أية تجربة سابقة".

تقول فرانس كيريه (France Quéré) عندما تتكلم عن هذه "الخثرة من الخلايا" التي تسمى جنيناً، إنها من "المتعذر تمييزها أو الإمساك بها" وتقول مؤكدة إن الجنين "صغير جداً ومتمرد جداً، لا يترك نفسه يخضع لتصنيفاتنا". من المتعذر تمييزه، أو "غير قابل للبت فيه"، وهو المصطلح الذي اخترته. يبدو لي هذا المصطلح ثرياً بشكل خاص. فهو يتفادى الانسياق الدينى الذى يشخصن الجنين، وبالقدر نفسه يتفادى تفسيراً شديداً للمادية للإنسان، حيث تستبدل الحتمية الوراثية بالقدر الإلهي، لكن حيث لا يعد هناك محل للإنسان أبداً. منذ وقت ليس بالبعيد، كان الأسلوب الشائع بين الفلاسفة، والمؤرخين، والمحللين النفسانيين، هو الاستغراق فى مفاهيم العلم، لدعم أطروحتهم. لقد رأينا النظرية النسبية لأينشتاين، والميكانيكا الكمية، والحركات البراونية، فى قلب وفرة من النظريات، حيث لم يكن لها دور تقوم به فى أغلب الأحيان. وأرجو أن تسامحونى لأننى استسلمت بدورى لإغراء استعارة بعض التعريفات من "العلوم الصلبة". لقد جرى تقديم هذه الاستعارات كثيراً جداً للجمهور فى مجالات أخرى غير مجالى بحيث أصبحت مألوفاً له. إن حالات التشابه ليست بلا مبرر، بل إن لها معنى. ومن ناحية أخرى، أنا لم أختار هذه الحالات لاستعرض علماً واسعاً فى الفيزياء - وهو ما لا أملكه - لكن لأن هذه الحالات تبدو لي موضحة بشكل خاص. إن الجنين لا يسمح بأن يفهم بطرق تفكيرنا الاعتيادية، لكن يمكن الاقتراب منه وكأنه صورة فى مرآة، باستعارة بعض المفاهيم الرئيسية من الفيزياء. سأشرح ذلك. فى الثلاثين عاماً الأولى من القرن العشرين، أرسى تطور الميكانيكا الكمية عدة مفاهيم متناقضة. أولاً، فكرة أن الضوء يمكن أن يكون موجة وجسيماً. أى يمكن أن يكون متصلاً ومتقطعاً فى آن واحد، وأن الضوء يملك معاً خواصاً "متعارضة". إن مثل هذه المفاهيم تكون شاذة بالنسبة للمنطق التقليدى ويستحيل أن ندركها بمخططات تفكيرنا المعتادة. ومن المصدر نفسه، يؤكد مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج (Heisenberg) على حقيقة أنه لا يمكن أن نعرف فى وقت واحد موضع وكمية حركة هذا الجسيم. بمعنى آخر، فإن تبعاً لما يريد المراقب أن يقيسه، ستظل أبعاداً أخرى لهذا الجسيم غامضة بالنسبة

له. ويؤكد العديد من التجارب هذه التبعية لوضع المرصود بالنسبة لنظرة الراصد. لقد شرحت فيما سبق فكرة أن الجنين يمكن أن يكون "شخصاً" وفي الوقت نفسه لا يكون شخصاً، قد يكون مقدساً أو زائداً عن الحاجة، وذلك ليس طبقاً لسنه، أو تكوين جسمه وشكله، إنما طبقاً لمشروع والديه، وهذه الفكرة تبدو لي أساسية. بهذا المعنى، يكون التشابه مع مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج (Heisenberg) غنى بالدروس. إن هذا التناقض الظاهري له منطق داخلي. إن المرصود هنا هو الجنين. وتبعاً للراصد وقصده، لن يتم تعريف هذا الجنين إلا تحت خاصية: الكل شيء تقريباً، أو الـ لا شيء تقريباً.

أرجو أن يفهمنى الآخرون جيداً عندما أتكلم عن البين بين لتعريف الجنين، لا يتعلق الأمر بعدم وضوح خاص بمدلول اللفظ، أو بفئة مبهمه حيث يتم وضع كل شيء وأى شيء، وحيث سيكون الجنين شخصاً "بعض الشيء"، دون أن يكون كذلك حقاً. لا. إن عدم اليقين ليس نسبية تقوم على التفكير بأن كل الأمور تتساوى. إنه الشك الخصب. ولذلك سأقوم هنا بمماثلة ثالثة. وستكون أيضاً مع مفهوم علمي مستعار هذه المرة من الرياضيات وليس من الفيزياء. فى الثلاثينيات من القرن العشرين، أثبت عالم الرياضيات النمساوى كورت جودل (Kurt Godel)، أنه حتى فى العلم الذى يعتبر الأكثر مطابقة للعقل والمنطق، ألا وهو الرياضيات، توجد قضايا "غير قابلة للبت فيها"، بمعنى أننا لا نستطيع أن ندلل على أنها صحيحة ولا على أنها خاطئة. إلا بإضافة مسلمات أخرى إليها. فى مجالى، يبدو لى أن وضع الجنين يتعلق هكذا بما هو غير قابل للبت فيه. إن الأديان، بإضافة فرضية إضافية، ألا وهى فرضية الروح الموحى بها، قبل ميلاد الطفل، توصلت إلى نتيجة أن الجنين مقدس (تجدر الإشارة إلى أنها لم تذهب إلى حد القول بطريقة صريحة إنه شخص). لكن من يستبعد هذه الفرضية لا يستطيع ببساطة أن يقول شيئاً عن الجنين.

أى عدم قول شيء. كان جون برنار (Jean Bernard) يلاحظ منذ عهد قريب أن الطب يكون بليغاً أكثر بقدر ما لا يكون لديه شيء يقوله. إن ذلك صحيح

فى الطب؁ كما هو صحيح فى مجالات أخرى. أعتقد أن المفارقة الخاصة بالجنين كان يجب أن تفرض علينا احترامًا صامتًا. كان يتعين علينا تجنب أن نريد "امتلاكه" بذكر ماهيته. إن هذا الصمت ليس صمتًا ميتًا. بل هو صمت خصب؁ يسمح للنقاش أن يتواصل بدون موقف مسبق. ويبيح ذلك نوعًا من الحرية سواء فى الممارسة السريرية أو فى التشريع. لقد أعلنت فى كثير من الأحيان عن المبدأ الذى يوجه ممارستى: إننى أعتقد فى علم أخلاق عملى ونفعى؁ لا يبحث؁ مثل الأديان؁ عن السعى بشكل دائم وراء "الخير"؁ لكنه فى كل حالة يتوجه سواء نحو الخير أو نحو الضرر الأقل. لأن "الخير" لا يكون موجودًا فى كل موقف؁ والبحث عنه وطلبه باستمرار حتى فى الأماكن التى لا يكون فيها؁ يعرض لخيبة أمل؁ واحتمال إلحاق الضرر؁ باسم الخير. كما أؤمن بأخلاق المسئولية؁ التى لا تتكرر المبادئ الكبرى لكنها تدرك أنها غير قادرة وحدها على توجيهنا على طريق قويم. قد تكون المبادئ الكبرى كافية للقضايا البسيطة؁ لكنها؁ على النقيض؁ تكون ضارة فى المواقف ذات التعقيد والتشعب الكبير. إذن؁ وضع الجنين هو من هذه المواقف المعقدة حيث لا توجد إجابة بديهية؁ وحيث اليقين الوحيد؁ إلا إذا كان المرء ماديًا عتيذًا؁ هو أنه من نوع الكينونة وليس الامتلاك؁ وبما أنه لا يمكن امتلاكه؁ فلا يمكن أيضا أن يتم تسويقه.

إن حالة الجنين المجدد أكثر إثارة للعبرة. لأن هذا الـ"لا شىء تقريبًا" هو ليس فى أى مكان تقريبًا. إن مصيره لم يعد يتوقف على القدر؁ لكن على رغبة والديه. إنه "حى" (?) فى زمن معلق؁ هو تقريبًا خارج الزمن. ومن ثم فهو يجبرنا على إعادة التفكير فى الحياة؁ وإعادة التفكير فى الزمن. ويبين لنا مجددًا أن تعريفًا دقيقًا جدا لماهية الحياة لا يؤدي إلا إلى مشكلة منطقية غير قابلة للحل. هناك اعتقاد أننا؁ بمساعدة التصورات؁ تقدمنا على طريق المعرفة. لقد تأخرنا فى الواقع. لقد أخطأنا أنفسنا بحواجز. هذا كل ما فى الأمر. وكما قال الفيلسوف ألين (Alain) "إن المغالاة فى القواعد تخدر الضمير". إن المغالاة فى القواعد بصدد الإنجاب بمساعدة طبية (PMA)؁ قد يعنى الرغبة فى تقنين الجنين؁ والاحتماء وراء هذا التعريف؁

للتصريح أو المنع، للإدانة أو التأييد. قد يكون ذلك اتباعاً لـ "علم أخلاق" ما، لكنه لا يعنى أن لدى المرء سلوك أخلاقي. إن الأخلاق تتغذى من التناقض والتباينات. إنها ليست علماً ينطلق من مسلمات راسخة تماماً، ليصل حتماً إلى النتيجة نفسها دائماً.

إن بزوغ علم القرن العشرين، بزعرته لقواعد نوع من الفيزياء الميكانيكية، قاد الباحثين إلى وضع نموذج جديد، بالمعنى الذى يقصده توماس كون (Thomas Kuhn)<sup>(٥)</sup> لهذه الكلمة.

وبالطريقة نفسها، يجبرنا الجنين، هذا الذى لا يمكن البت فيه، على النظر إلى الحياة بنظرة جديدة، والدخول فى نموذج جديد. إن فئات المقدس أو المحرم بالية. لكن لا يعنى ذلك وبالقدر نفسه أن الجنين لا يستحق أى احترام. إلا أن إضفاء القداسة عليه يتعلق بفكر سحرى، قديم، وليس بميتافيزيقا. يمكن ملاحظة أنى بإعطاء هذه المحاضرة عنوان "الجنين، هذا المجهول"، كنت أفسر بشكل واع ألكسيس كاريل (Alexis Carrel). إن الاختيار ليس بريئاً، فهو يريد أن يكون مستقراً وأن يتسم بالتناقض الظاهرى. من المعروف أن ألكسيس كاريل (Alexis Carrel) الحاصل على جائزة نوبل كان عالماً كبيراً، لكنه كان مفكراً عديم القيمة، بما أنه كان مدرجاً فى صف المدافعين عن علم تحسين النسل، ومدافعاً فظاً عن الجنس الأبيض، باسم قناعاته فى مجال البيولوجيا. إن أهم أعماله "الإنسان، هذا المجهول"، ليس أميناً للشاعرية التى يوحى بها عنوانه. على النقيض، وبعيداً عن احترام غموض ومجهول الإنسان، يرص كاريل (Carrel) التأكيدات، والأحكام

---

(٥) يعتقد توماس كون (Thomas Kuhn) أن العلوم لا تتقدم بطريقة متصلة، لكن بـ "قفزات" وثورات. إن نموذجاً جديداً يجب استبداله بالنموذج القديم، الذى كان يحكم كل النظريات الصحيحة حتى ذلك الحين. وبهذا المعنى قد اعتقد أن استقلال طرق تفكيرنا بالنسبة للفكر السحرى والدينى الذى تشربت به، يمكن ألا يكون سوى نموذج فكر عفا عليه الزمن، والبديل له أن يتحمل الفرد مسئولية نفسه فى مواجهة مصيره. ويلاحظ ذلك قبلاً بروية أن "الأخلاق" التى تطالب الإنسان بالتصرف طبقاً للضمير، يتم بشكل متزايد استبدالها بـ "علم أخلاق"، أى مجموعة من القواعد الهادفة إلى أن يكون السلوك مستقيماً وشريفاً.

المسبقة، والأفكار المخالفة للحقيقة عن طبيعة الإنسانية. إن الرغبة في تأسيس ميتافيزيقا الإنسان على الطبيعة، حتى وإن كان ذلك من أجل تعظيم الإنسان بشكل أفضل (لأن ذلك كان هدف كاريل Carrel)، ومحاولة وضع تعريف له لاكتشاف ثرائه بشكل أفضل، تعنى التعرض للغرق في الأيديولوجيا. وبالطريقة نفسها، تؤدي المبالغة في تمجيد وتعظيم الجنين، كما يفعل البعض، إلى خلق معبود جديد. وعلى النقيض من ذلك، وأنا أضع عنوان "الجنين، هذا المجهول"، كنت أقترح أنه من أجل احترام الجنين بشكل أفضل، يجب أن يترك له نصيبه من الغموض، ونصيبه من المجهول. إننا بالمبالغة في وضع النظريات عن الجنين، نجازف بتصنيفه، وبحبسه.

لقد قلت مرارًا، هنا وفي أماكن أخرى، إنني أؤمن بأخلاق المسؤولية، بالمعنى الذي حدده هانس جوناكس (Hans Jonas). تريد أخلاق المسؤولية أن تكون في ملتقى طرق بين المبادئ الكبرى، التي كانت كافية للإنسان حتى الآن لكي يتصرف بشكل أخلاقي، وتعتقد وتشعب عالمنا الذي يتطلب أن نفكر في كل حالة على حدة، حتى ولو أدى ذلك إلى مخالفة بعض هذه المبادئ الكبرى، باسم عدالة أكبر. وتعتمد هذه الأخلاق على أن أفعالنا لا تحركها فقط عواقبها المباشرة، لكن أيضا عواقبها على المدى الطويل بالنسبة للإنسانية. إن ذلك يفرض على المرء أن يكون مسئولاً بالمعنى الصحيح للكلمة، أي أن نكون قادرين على تحمل مسؤولية قراراتنا. إن ما آسف له، أن يتم في كثير من الأحيان تضليل وتحويل "عملية استكشاف الخوف" هذه، التي هي ضرورية أكثر من أي وقت مضى، بقدر ما نجهل غالبًا مدى أفعالنا، إلى "ميتافيزيقا الوهم". إننا نحاول أن نحمل أنفسنا من أخطار احتمالية وهمية تمامًا، وبينما ننشغل بحماية أنفسنا، ننسى أخطار حقيقة تمامًا. إنها سياسة النعامة، النسخة "الأخلاقية".

لا يمكنني إذن أن أختتم هذه المناقشة، دون أن أذكر بموضوع المناقشة السابقة. من فرط الإفاضة في الحديث عن الجنين، ومحاولة إيجاد، بهمة ونشاط، وضع له، نسينا الإنسان. إننا نركز انتباهنا على كائن افتراضي، احتماليًا كامل.



ونهمل بذلك الكائن الذى يعيش بالفعل. إن الاهتمام بإنسان كامل... أضفى عليه الكمال، لا يعد تقدماً أخلاقياً. إن أكثر الأيديولوجيات تخریباً هى بالتحديد التى طالما مجدت الإنسان، وحطت من قدره. إن الجنين، النموذج الأول لإنسان بدون شائبة، بدون نقیصة، يجعلنا ننسى أن الإنسان غنى بتناقضاته.

إن الجنين ذا البضعة أيام ينسینا بشكل خاص الجنين ذا العدة شهور. كم من الوقت مضى فى ثرثرة لتحديد درجة شخصية هذه الخلايا، بينما فضیحة الأجنة ذات الـ ٢٨ أسبوعاً، المدفونة فى القمامة، تستمر. كم من الأجنة ذات الأيام قد تم "إنقاذها"، بينما كانت الأسر المحزونة، تترك بدون أنباء عن طفلها، عاجزة عن الصبر. لقد أثقلوا أسماعنا بكرامة الجنين ذى البضعة أيام لكى يصمتوا عن كرامة الجنين المكتمل. غیر أن، وضع الجنين المكتمل يبدو لى، بخلاف ذلك، له معنى أكبر من وضع الجنين المضغة، وينكر المصير المقدر لبعض الأجنة المكتملة تمتعها بالإنسانية، التى تتعلق مع ذلك بأمر بديهى.

إن الأخلاق الحقيقية ليست أخلاق الصالونات، البراقة، السمحة، التى تضجى بالحقیقى من أجل الافتراضى. وكأن هذه الأخلاق تعلم كل شىء، تنتقد وتضع التعريفات والتصورات. وتنتهى بأن لا تريد أن تقول شيئاً. لا، إن الأخلاق الحقيقية أكثر تواضعاً، وأكثر واقعية، وأكثر عملية ونفعية. إنها تجازف بأن تخطئ أحياناً. إنها لا تتكلم بلهجة جازمة، وتتحسس طريقها فى كثير من الأحيان. لكنها تحاول قبل كل شىء، أن تظل فى خدمة الإنسان.

1. MINTZ (B.), *Gene Control of Mammary Pigmentary Differentiation. I. Clonal origin of melanocytes*, *Proc. Nat. Acad. Sc., USA*. n° 58. p. 344-351. Cité p. 139 par Boné (E.), Malherbe (J.-F.), *Engendrés par la science*, Coll. « Recherches morales ». Le Cerf, 1985.
  2. FRYDMAN (R.), *Dieu, la médecine et l'embryon*, Éditions Odile Jacob, 1997.
  3. QUÉRÉ (F.), *L'Éthique et la Vie*, Odile Jacob, 1991.
  4. FRYDMAN (R.), *Mourir avant de n'être ? Aspects éthiques*. Frydman (R.), Flis-Trevès (M.), *Mourir avant de n'être ? Colloque GYPSY I*, Éditions Odile Jacob, 1997, p. 97-108.
- BONÉ (E.), MALHERBE (J.-F.), *Engendrés par la science*, Coll. « Recherches morales », Le Cerf, 1985.
  - CASPAR (P.), *La Saisie du zygote humain par l'esprit*, Le Sycomore, 1987.
  - DUDEN (B.), *L'Invention du fœtus*, Descartes, 1996.
  - SOKAL (A.), BRICMONT (J.), *Impostures intellectuelles*, Éditions Odile Jacob, 1997.



## نمو وتطور الجهاز العصبي<sup>(٦)</sup>

بقلم: ألان بروتشيانتز

Alain PROCHIANTZ

ترجمة: لبنى الريدي

سيتناول حديثنا علم الأجنة، ليس علم الأجنة البشرية، وإن كانت بعض سمات نمو الأنواع الأخرى هي أيضا صحيحة بالنسبة لنمو الإنسان. لدينا، في الواقع، الكثير الذي نتقاسمه مع الحيوانات الأخرى، بل ومع الفطريات والنباتات.

إذا كان يتعين إعطاء تعريف لعلم الأجنة، فسيكون بسيطاً نسبياً. إن علم الأجنة هو مجموع العمليات التي تؤدي من البيضة، من اللحظة التي كونها فيها الحيوان المنوي والبويضة، إلى الجسم الناضج أو الصورة النهائية للكائن (imago). وبالتالي تحت كلمة علم الأجنة تختلط عمليتان أو تتطابقان:

- إنتاج فرد يكون شكله ممثلاً للنوع (الصورة النهائية للكائن imago).

- إنتاج فرد خاص يختلف عن باقي أفراد نوعه.

إن هاتين العمليتين كل منهما مسجلة في الأخرى، وطبقاً للنوع أو القسم - أي المكان الذي يشغله الفرد في تاريخ التطور - لا يكون لهما بالضرورة الأهمية نفسها.

إن علم الأجنة (embryologie)، أساساً، مسألة أشكال ومسألة وقت. انطلاقاً من البيضة يتشكل فرد يكون شكله، imago، مختصاً بالنوع. إن البيضة، هي خلية

---

(٦) نص المحاضرة رقم ٢٤ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٤ يناير ٢٠٠٠.

بينما الفرد، هو عدة مليارات من الخلايا. يوجد إذا تكاثر ضخّم لعدد الخلايا انطلاقاً من البيضة. فضلاً عن أن الفرد يتكون من أنواع عديدة من الأنسجة، عضلية وعصبية، وكبدية. تتكون هذه الأنسجة انطلاقاً من ثلاث وريقات جنينية: طبقة المضغة الوسيطة التي ستتشكل منها العضلات والعظام. وطبقة المضغة الظاهرة التي ستتشكل منها الجهاز العصبي والجلد، والأدمة الباطنية التي سيتكون منها الجهاز الهضمي والرئتين والغدد الملحقة بالجهاز الهضمي، مثل الكبد والبنكرياس والغدة الدرقية.

لقد تمّ أولاً الحصول على نتائج المرحلة الأولى لتكون النسيج العصبي - التخليق<sup>(٧)</sup> العصبي - لدى الضفدع Xénope، لكنها صحيحة أيضاً بالنسبة لفرخ الدجاج، كما أنها صحيحة في إطار الخطوط العريضة بالنسبة للفأر والإنسان. في البداية، يؤدي طور تكاثر يبدأ من الخلية الأولية إلى مرحلة التوتية<sup>(٨)</sup> (morula)، ثم مرحلة الجذيرة<sup>(٩)</sup> (بلاستولة blastula) التي تسبق مرحلة تكون الحويصلة الفهوية أو الجسترولة<sup>(١٠)</sup> (gastrulation) والتخليق العصبي (induction neurale). إن البلاستولة هي عبارة عن كرة رخوة ذات خلايا على السطح. وسينمو الجهاز العصبي ابتداءً من السطح الخارجي الظهري لهذه الكرة. خلال مرحلة تكوين الجسترولة يتم تخليق هذه الطبقة الجلدية الخارجية الظهرية، لتصبح طبقة جلدية خارجية عصبية، أي لتكوين جهاز عصبي.

لقد اكتشف التخليق العصبي خلال السنوات ١٩٣٠-١٩٤٠ على يد مانجولد (Mangold) وسبيمان (Spemann) عقب تجارب قاما فيها بزرع قطع من جنين سمندل ماء أبيض في جنين سمندل ماء أسود، بهدف التمييز بين نسيج مستقبل

---

(٧) مجموعة العمليات التي يتقرر بها مصير الخلايا الجنينية والتي يحدث التخلق البنيوي بواسطتها. (المترجم)

(٨) كتلة الخلايا الناشئة عن انقسام البيضة عند كثير من الحيوانات في مراحل تطورها الأولى. (المترجم)

(٩) شكل من أشكال الجنين في مراحل التطور الباكرة عند كثير من الحيوانات. (المترجم)

(١٠) جنين مكون من كيس مفتوح الفم وجدران مؤلفة من طبقتين من الخلايا. (المترجم)

ونسيج واهب. وبأخذ منطقة خاصة من السمندل المائى الأبيض وزرعها فى المنطقة البطنية لبيضة سمندل مائى أسود، أدركا أنها تكون خلايا ظهرية فى المنطقة البطنية لهذا الأخير. وبدلاً من الحصول على سمندل ماء له تكوين طبيعى، حصلنا على سمندل ماء له ظهريين وبدون جزء بطنى. لقد حرصنا على تكوين نظام عصبى مركزى ثان.

عقب هذه التجارب، حاول العديد من الباحثين تحديد الطبيعة الجزيئية لهذه المخلقات<sup>(١١)</sup> العصبية الموجودة فى هذه المنطقة الصغيرة المحدثة للتخليق الجنينى والخاصة بطبقة المضغة الوسيطة، التى بوضعها فى تلامس مع المنطقة البطنية، تعدل مصير الجنين. هذا البحث الخاص بالمخلقات العصبية المستمر منذ أكثر من ٦٠ عاماً، لم يحقق بعد النجاح الكامل، حتى يومنا هذا. وبعد النمو، يستطيل السمندل المائى ويتكون على السطح الظهري قرص عصبى. ولن يتولد عن هذا القرص العصبى أنبوب عصبى، إلا بعد أن يقوم الجنين بدمج هذا القرص داخله.

فى نمو الجهاز العصبى، كما فى النمو بشكل عام، تلعب المعلومات الموضعية دوراً مهماً جداً. ويمكن رؤية الجهاز العصبى كقرص، ورقة يمكن أن نرسم عليها تخطيطاً مقسماً إلى مربعات. بمجرد أن ينغلق القرص على نفسه فى شكل أنبوب، يظل مقسماً إلى مربعات. هناك اتجاه ظهري- بطنى واتجاه أمامى - خلفى. إذا كان كل واحد من هذه المربعات محدداً بالتعبير الخاص بفئة جينات، أى بخوارزمية وراثية، سنكون قادرين على تحديد موضع أية خلية انطلاقاً من معرفة الجينات التى تعبر عنها. إن تصور الجهاز العصبى كسطح مستو، وتصور قضية المعلومات الموضعية مثل قضية تقسيم المستوى إلى مربعات محددة، يمكن أن يساعد بشكل أفضل بكثير فى فهم المسائل التى طرحت عن بناء الجهاز العصبى. إن المعلومة الموضعية تعنى أن خلية من منطقة معينة، عندما تتغلق القناة العصبية وتتشكل، ستولد نوعاً من الخلايا محدداً تماماً، على سبيل المثال خلايا خاصة

---

(١١) المخلقة: مادة قادرة على إحداث التخليق الجنينى. (المترجم)

ومميزة للقشرة الجبهية أو لأسفل النخاع الشوكى. رغم أن فى البداية وفى لحظة تكون القرص العصبى تكون الخلايا متماثلة للغاية.

بعد ذلك بكثير، سيتم بناء شبكات الخلايا العصبية. تتجه الخلايا العصبية إلى إرسال محور عصبى، وهو امتداد لها، نحو منطقة أخرى لتكوين ممس،<sup>(١٢)</sup> تلامس بين الخلايا العصبية. إن ملاحظة مخروط النمو، الرأس الباعثة للخلية العصبية، يجب أن تكون دقيقة. إذ يجب على مخروط النمو أن يكون قادرًا، فى الفراغ الثلاثى الأبعاد للجهاز العصبى، على أن يتعرف على هدف قد يكون أحيانًا بعيدًا جدًا. ويكون تخطيط المعلومات الموضعية على شكل مربعات أساسيا لكى يتعرف مخروط النمو على موقعه، ويعرف إلى أين يتعين عليه أن يتوجه ومتى يجب أن يتوقف، أى لبناء جهاز عصبى وظيفى.

الآن سوف نستطرد فى الحديث عن مفهوم المعلومات الموضعية وما يسمى بجينات النمو. إن للجينات أهمية متغيرة. وبالتالى، قد تكون الجينات التى تتحكم فى شكل ولون الشعر ولون العيون مهمة من وجهة نظر جمالية، لكنها ليست أساسية فيما يتعلق بنمو الجنين. على النقيض، توجد فئات جينات تسمى جينات نمو، وهى رئيسية فيما يتعلق بشكل الجنين ونموه.

إن اكتشاف الجينات التى تسبب طفراتها تعديلا للشكل، يمثل تقدماً كبيراً فى فهم كيفية بناء جهاز عضوى. لقد حدث الانفراج الكبير مع ذبابة الخل، دروسوفيل، حيث أثبت علماء وراثة فى بداية القرن العشرين، خاصة مدرسة مورجان (Morgan)، أن بعض الطفرات يمكنها تحويل عضواً ما إلى عضو آخر، مثل تحويل العين إلى جناح (طفرة عين - جناح). إن هذه الطفرات المسخية، توحى بأن الجينات المتحولة كانت مسئولة عن النمو التخليقى لهذه الأكداس الصغيرة من الخلايا الجنينية، التى هى أصل الأعضاء المختلفة للذبابة.

---

(١٢) نقطة تماس محور إحدى الخلايا العصبية بجسم خلية عصبية أخرى أو بإحدى زوائدها. (المترجم)

لقد تم زرع هذه الجينات لدى الذبابة. وقد سميت جينات مثلية (homogènes) لأن طفرتها تؤدي إلى تحول عضو من جزء من الذبابة، إلى عضو متماثل لجزء آخر (الجناح إلى عين أو قرن استشعار إلى رجل، على سبيل المثال). إن وجود هذه الجينات يربط النمو بالتطور. في الواقع، يسمح فهم تحول عضو إلى آخر، بفهم كيف تشكلت المسوخ عبر التطور. من المحتمل أن يكون العديد من عمليات خلق أنواع جديدة (المسوخ التي نجحت) مرتبط بتعديلات في عدد هذه الجينات، ومكان تعبيرها، وبشكل خاص زمن تعبير هذه الجينات التي تؤثر على النمو التشكلى للحيوانات والنباتات.

إن هذه الجينات المثلية تضع الشفرة لعوامل النسخ، أى البروتينات التي تبقى في نواة الخلايا، وتنظم تعبير جينات أخرى. إنها إذن جينات معمارية تحتوى على تصميم الذبابة، وتقرر موضع الأعضاء المختلفة. إنها تنظم جينات أخرى، وتقوم هذه الجينات فعليا بصنع الأعضاء. وتقع هذه الجينات الخاصة بالنمو في مركز الشبكات الوراثية. إن إحدى الصعوبات الكبرى أمام بيولوجيا النمو حالياً، هو فهم ما هي الجينات التي تقوم جينات النمو بتنظيم نشاطها، لقد تم حالياً تحديد هوية كل جينات النمو تقريباً في المملكة الحيوانية.

لدى الذبابة، تكون جينات النمو هذه مرتبة على امتداد كروموسوم (صبغى). والشئ المثير للدهشة، أن الجينات التي تقع في الجزء "الأمامى" من الكروموسوم، فى ٣، تعبر عن نفسها فى المناطق الأمامية جداً من الحيوان والجينات فى ٥، التي تقع فى الجزء "الخلفى" من الكروموسوم، تعبر عن نفسها فى المناطق الخلفية جداً. وبشكل ما، تكون الذبابة ممثلة على الكروموسوم بواسطة ترتيب جينات هذه المجموعة المثلية (homéotique). وعندما ينتقل الجينوم من جيل  $X$  إلى الجيل  $X+1$  فإن مخطط الحيوان، الصورة النهائية للكائن (imago)، الذى سيتعين بناؤه يكون قد تم نقله وراثياً.

إن عوامل النسخ هذه، أى منتجات جينات النمو تلك - جينات تجمع HOM



- تستقر في الدنا (A D N)، لأنه يتعين عليها تنظيم تعبير جينات أخرى. إنها تثبت نفسها بواسطة سلسلة صغيرة من ستين حامضاً أمينياً تقريباً، تسمى النطاق المثلى (homéo domaine) ويتم تشفيرها بواسطة الصندوق المثلى. ولكل هذه الجينات عند الذبابة نفس الصندوق المثلى تقريباً. إنها تكون إذن عائلة. وبفضل هذا التوقيع الخاص بالصندوق المثلى، عثر على هذه العائلة عند الفأر وعند الإنسان. لكن لدى الفقريات، لا توجد هذه الجينات مرتبة على كروموسوم واحد، لكن على أربعة كروموسومات، ولجينات هذه التجمعات الأربعة HOM /HOX الخصائص نفسها تقريباً التي لجينات الذبابة. وتعبّر عن نفسها في الجزء الأمامي من الجنين عندما تكون في ٣' من الكروموسوم، وفي الجزء الخلفي للمحاور الجنينية عندما تكون في ٥' من الكروموسوم. وبتحليل جينات الذبابة والفأر، تم ملاحظة أن استبدال جينة ذبابة بجينة فأر موضوعة في الموضع نفسه على واحد من الكروموسومات الأربعة، يسمح بإصلاح الذبابة. إن هذه التكاملية تدل على تماثل عبر التطور، أو تدل أيضاً على ظاهرة وجود جينات مشتقة من سلف مشترك وموجودة في أنواع مختلفة (orthologies)، وقد تكون لهذه الجينات نفس الوظيفة كما قد لا تكون كذلك.

انطلاقاً من ملاحظة هذه الظاهرة (orthologies)، يمكن الوصول إلى استنتاج أنه يوجد سلف مشترك لمفصليات الأرجل<sup>(١٣)</sup> والفقاريات. ومن الممكن أن يكون هذا السلف قد عاش من ٦٠٠ مليون عام، قبل الانفجار القبكمبري - أي ما قبل العصر الكمبري - لقد سار التطور إذن في طريقين مختلفين، حيث اتجه الطريق الأول نحو تشعب المفصليات، والطريق الآخر نحو تشعب الفقاريات، ومن المحتمل أن يكون تضاعف كروموسومين قد أتاح تكون التجمعات الأربعة التي هي توقيع الفقريات.

إن الجينات التي وصفناها توا لا تؤثر مباشرة على الجهاز العصبي الأمامي. ومن ثم استخدم الباحثون المهتمون بالمخ، استراتيجية قريبة جداً بالبحث

---

(١٣) شعبة من الحيوان تشمل طوائف من الحشرات وكثيرات الأرجل والعناكب والقشريات. (المترجم)

عن جينات تعبر عن نفسها في العقد الدماغية للذبابة. لقد عثروا مجددًا على جينات من نفس العائلة، تقوم بالتشفير لعوامل النسخ، على سبيل المثال الـ orthodenticle أو otd. وبعد اكتشاف هذه الجينات، بحثوا إذا كانت هناك جينات مماثلة في مخ الفأر وعثروا عليها. على سبيل المثال، إن otx1 و otx2، وهما قريبتان جدا من otd، تعبران عن نفسيهما أيضا في المناطق الأمامية من القشرة الدماغية للفأر وللإنسان، وهما قادرتان أن تكونا تكميليتين لـ otd. إن إلغاء الجينة otd لدى الذبابة يؤدي إلى فقد التكوينات الدماغية الأمامية، كما تؤدي بعض بدائل الـ otd، إلى فقد زئم أى عيون الحشرة (ثلاث "عيون" ظهريّة). إن وضع الـ otx1 أو الـ otx2 الخاصة بالفأر أو الإنسان محل الجينة الملغاة يعيد للذبابة تشكلها الطبيعي. يضاف إذن إلى تماثل التكوين وموقع التعبير في المناطق الأمامية من الجهاز العصبي، التكاملية الوظيفية. إن ذلك يفترض بشكل قوى جدا، أن المناطق الأمامية كانت موجودة لدى السلف المشترك، وربما قبل ذلك. وبالتالي تكون الفكرة المنتشرة جدا بأن تكون الدماغ (Céphalisation) عملية متأخرة من التطور، هي فكرة خاطئة. إن علم وراثية النمو يثبت لنا أن الرأس في الواقع كانت هناك منذ البداية، على الأقل منذ اللحظة التي انفصلنا فيها عن أبناء عمومتنا البعيدين، مفصليات الأرجل.

لماذا لدينا جينتان otx 1 و otx 2؟ إن وراثيات الفأر متطورة بما فيه الكفاية، بحيث يمكن نزع أو إضافة جينة في أية لحظة من النمو. إننا نتحدث عن فقد أو كسب وظيفة. إن قطع كروموسوم مع فقد عنصر ما، يشكل سببًا للطفرة، لأن إزالة otx2 يعطى فأرًا بدون رأس، أى بدون جهاز عصبي أمامي، وذلك شيء مميت. أما نزع otx 1 فإنه يترك مخا شبه طبيعي، لكنه يصبح أكثر نحافة من الجانب الصدغي، ويعانى الفأر من نوبات صرع. وبشكل خاص، يفقد الفأر القناة الجانبية شبه الدائرية للأذن الداخلية، وهو تكوين يظهر خلال التطور مع تحول الأسماك التي بدون فك (حلقيات الأفواه) إلى ذوات الفكوك. أى أنه تم استبدال otx2 بـ otx1، حيث يبدأ الفأر بصنع جهازه العصبي لكنه لا يحافظ عليه. وإذا

تم استبدال *otx1* بـ *otx2* يتم استعادة كل وظائف *otx1* تقريبًا، إلا نمو القناة الجانبية شبه الدائرية للأذن الداخلية. ويفترض ذلك أنه كان لا يوجد في البداية سوى *otx2* فقط (جينة مشتقة من سلف واحد الـ *otd* وهي موجودة في أنواع مختلفة). إن تضاعف *otx2* جعل من الممكن تكون *otx1*، وهي الجينة المتشاكلة لـ *otx2* ولها معها سلسلة سلفية مشتركة مباشرة (paralogue)، وقد جلب تطورها مكاسب وظيفية مرتبطة بالانتقال من الأسماك حلقيات الأفواه إلى ذوات الفكوك.

إن دراسة جينات النمو لا تسمح إذن بفهم نمو مجموع الأعضاء فقط، لكنها تسمح بفهم تطور الأنواع. لقد تم ميلاد فرع علمي جديد: النمو / التطور أو "évo-dévo".

توجد كمية كبيرة جدا من الجينات التي تعبر عن نفسها في المناطق الأمامية والخلفية والظهرية والبطنية للجهاز العصبي، بحيث إذا أخذنا نظامًا عصبيًا مسطحًا ورسمنا عليه مخططًا مقسمًا إلى مربعات، يمكن تعريف وتحديد كل منطقة بواسطة ترتيب العناصر طبقًا لعدد معين من توافيق تعبير جينات النمو. وطبقًا لهذه المعلومة الموضوعية ستقوم الخلايا بخلق الأعضاء المختلفة.

إن المرحلة التالية من تكون الجهاز العصبي، بعد تكون القناة العصبية انطلاقًا من القرص العصبي الذي انغلق على نفسه، هي جعل هذه القناة تكبر. ويتعين مثلًا، ابتداءً من صف أو صفين من الخلايا، بناء قشرة مساحتها ٢ متر مربع لدى الإنسان الحديث بوصفه نوعًا بيولوجيًا (*Homo sapiens*). إن المناطق المختلفة من هذه المساحة لا تكون متجانسة، ولا تؤول إليها الوظائف نفسها: توجد مساحات خاصة بالشم، ومساحات ترابطية، ومساحات سمعية، ومساحات بصرية، إلخ. وخلال التطور، زادت مساحة القشرة وانقسمت إلى مناطق. وتسمح الثنيات والتلافيف بحزم كل ذلك داخل الجمجمة. لقد اختلفت، على الأرجح، الزيادة العامة للمساحة، وزيادة المساحات التي تؤول إليها وظائف نوعية معينة، عقب طفرات جينات النمو المنظمة للتكاثر الخلوي ولبقاء الخلايا على قيد الحياة في مناطق

خاصة. على سبيل المثال، زادت المساحات المخصصة للوظائف المسماة إدراكية، وترابطية، وتلك التي تسمح بالسيطرة على اللغة، لدى الإنسان كنوع بيولوجي أكثر مما لدى أبناء عمومتنا الرئيسات.

بعد تقسيم الجهاز العصبي إلى مناطق لكل منها نشاط معين، تسمح المرحلة الثانية من هذا النمو إذن بتكاثر الخلايا، وتنظيم القشرة في ست طبقات، وتكوين كل التركيبات الدماغية، وملاحاة المحور العصبي، وتكوين ممسات. إن آليات توجه خلية، أو مخروط نمو محور خلية عصبية، ليست معروفة بعد، حتى وإن كنا نعرف أنها جزء لا يتجزأ من قراءة المعلومة الموضعية، وبالتالي من تعبير جينات النمو.

سننتقل الآن إلى سمات أكثر عمومية. لقد رأينا حالا أن لدينا على مستوى الكروموسومات أربعة أنواع من التمثيل للجسم، وهي أنواع التمثيل الخاصة بجينوم مخطط الجسم، وهو ما نسميه homonculus وراثي. ويتم تحديد مخطط الجسم هذا بواسطة تموضع جينات النمو تلك على امتداد الكروموسومات، وبواسطة نطاق تعبيرها المكاني - الزماني. إن المخ ذاته موضع بناء وراثي خاضع لتنظيم وضبط خاص بالتخلق المتعاقب.<sup>(١٤)</sup> على سبيل المثال، يوجد في القشرة الخاصة بالحواس - في شكل شبكات عصبية - تمثيل للجسم إذن ذو طابع وراثي لأنه ينسخ الصورة النهائية للكائن imago، لكن هذا التمثيل يتشوه بشكل خاص بالتخلق المتعاقب لأن المناطق الأكثر تزودًا بالأعصاب على المستوى الحسي تستنفر أكبر عدد من الخلايا العصبية. إن التنبه الحسي "ينشط ويشوه" مجموعة من الخلايا العصبية التي، مثلاً، هي "اليدين في المخ".

إن الشبكات العصبية تبنى وفقاً لإجبار وراثي، حيث يتعلق الأمر بخريطة المخ الخاصة بالجسم (homonculus)، وهي خريطة نوعية خاصة بالنوع، وفي

---

(١٤) نظرية تقول بأن الجنين يتكون بسلسلة من التشكلات المتعاقبة، وهي تناقض نظرية التخلق المسبق القائلة بأن جميع أعضاء الجنين موجودة وجوداً سبقاً في الجرثومة. (المترجم)

الوقت نفسه وفقاً لمحيط حسي. إذا قطعنا الناقلات الخاصة بالحواس من الطرف إلى المركز، نفقد النمو الصحيح لعمليات تمثيل الجسم عند مستوى القشرة. وإذا نزعنا، من الفأر عند المولد، شعر المنخرين (مستقبلات حسية على أنف الفأر) فإنه لن يتم تمثيلها في القشرة، وسيكون العضو غائباً (غير موجود). إن استخدام وتأثير البيئة المحيطة على كل الأنظمة الحسية، يعدل إذن بناء عمليات التمثيل لكل فرد على مستوى الجهاز العصبي المركزي. إن ذلك ما يسمى بالتخلق المتعاقب، وهو عملية يكون بواسطتها كل الأفراد مختلفين، وإن كانوا ينتمون إلى النوع نفسه. إن المخ قادر على تسجيل الأثر المخلف في الدماغ من حادث من الماضي الشخصي لحادث فردي، انفعالي، حسي، والتنبيهات التي نتعرض لها عن طريق الوسط. وكلما زادت التنبيهات والإثارات التي نتعرض لها، نمينا تكوينات تخلق متعاقب متنوعة. إن ذلك حقيقي لدى الطفل، ولدى المراهق، وأيضاً لدى البالغ. في الواقع، إن أحد أكبر ابتكارات الفقرات هو الاحتفاظ بجهاز عصبي جنيني لدى البالغ. وهكذا، فإن التخلق المتعاقب ينشأ ابتداءً من الخلايا العصبية الجديدة، والتشجرات العصبية التي يتغير شكلها، والممسات التي تتكون وتتفكك. إنها آلية تكيف تستمر طوال الحياة.

إن حقيقة أن يكون الفرد من مفصليات الأرجل، أو من الفقرات له عواقب أساسية على استراتيجيات التكيف. إننا نتقاسم الكثير مع الذباب، ومع الديدان، وكل الدراسات على هذه الكائنات لها أهمية استثنائية لفهم كيف يعمل وكيف ينشأ الجهاز العصبي للفقرات. لكن العمليات المنطقية لإستراتيجية التكيف الخاصة بنا مختلفة جداً. في الشعبة الخاصة بمفصليات الأرجل، منافسنا الكبير على مستوى التطور، يتم التكيف بطريقة وراثية صرفة تقريباً. لا يوجد سوى القليل جداً من التفرد. إن بناء الفرد لا يكون أبداً بعيداً عن بناء الجينوم الخاص به. لدى الفقرات، وبشكل أكبر لدينا، لأننا نملك نظم اتصال غنية جداً بالمعاني، اللغة بشكل خاص، حيث لا يتم التكيف على مستوى انتقاء مجموعات الخلايا، وإنما يتم على مستوى تنوعية الفرد، وتطوره. إن التكيف يتم عن طريق التفرد.

إن الجهاز العصبى لفرد ما، عند الزمن  $t$  وعند الزمن  $t + \delta t$  ليس هو ذاته، لقد تطور. إن شدة الممسات وعددها، وعدد الخلايا، وتنظيم الشبكات ستكون قد تغيرت. إن هذا التغير فى التكوين البيولوجى يتطابق مع تطور الفرد، أى مع تكيفه مع وسطه، واستجابته لتاريخه. هناك إذن مرونة لدى البالغ، فى حدود معينة بالطبع، وترتبط هذه المرونة بكل تأكيد بالتعبير المستمر لهذه الجينات نفسها الخاصة بالنمو، والتى هى مسئولة ليس فقط عن التطور، وليس فقط عن ترتيب التكوينات الدماغية الكبيرة (القشرة، المخ، النخاع الشوكى)، لكنها مسئولة أيضا عن المرونة الدائمة للنظام التشكلى، أى الخاص بهيئة الأجسام الحية وتكوينها، بما فى ذلك عند سن الرشد.

وتستلزم المرونة أن تولد خلايا عديدة، وأن تتشكل وتموت. توجد خلايا جذرية فى الجلد والكبد والجهاز المناعى/الخاص بتكون الدم، لكن توجد أيضا هذه الخلايا فى الجهاز العصبى المركزى. لقد تم العثور على الخلايا الأولى من هذا النوع فى البصيلة الخاصة بالشم. تتكاثر الخلايا العصبية الداخلية للبصيلة الخاصة بالشم مرة كل شهر تقريباً انطلاقاً من منطقة ما تحت البطين، التى هى تكوين قشرى يقع فى الجزء الأمامى من المخ، والتى تهاجر منه الخلايا لتغزو البصيلة. وتتكاثر هذه الخلايا الجذرية، وتهاجر، وتتشكل مثل الخلايا العصبية الطبيعية خلال مرحلة نمو الجنين. كما رصدت خلايا جذرية فى قرن آمون، وهو تكوين فى الجزء الخلفى من القشرة، وله أهمية كبيرة للذاكرة الفراغية. وفى عدد من أمراض التدهور العصبى، يحدث فقد للخلايا على مستوى قرن آمون. لقد عثر، مؤخراً جداً، على خلايا جذرية فى القشرة الترابطية لقردة الماكاك<sup>(١٥)</sup> وتعتبر هذه القشرة إحدى المناطق الأهم لعمل الذاكرة، وبناء الذكريات، وبطريقة ما للتفكير.

إن النمو الجنينى يتواصل إذن بشكل صامت لدى البالغ بنشوء خلايا جذرية جديدة، سوف تهاجر، وتتخلق وتندمج فى شبكات عصبية جديدة من الميلاد حتى

---

(١٥) نوع من القروء الآسيوية. (المترجم)

الموت، إنها أحد أسس قدرتنا على التعلم وقوتنا على التكيف، على المستوى الفردي، في مواجهة التحديات التي تجلبها لنا تغيرات البيئة المادية والانفعالية. إذن، سيتعين طرح قضية الشيخوخة من جديد. إن الشيخوخة، بالنسبة للبعض، هي فقد للوظائف ابتداء من سن مثالية، نوع من كسب فاجع في الإنترنت. يمكن أيضا رؤية الشيخوخة كتراكم حوادث النمو لدى البالغ. إن بيولوجيا النمو يمكن أن تعطينا مفاتيح لفهم ما هي الشيخوخة لدى الحيوان البالغ، وما هي الأمراض العديدة التي تصيب الجهاز العصبي بالتدهور مثل مرض ألزهايمر.

في النهاية، سنعود إلى ما نقوله لنا هذه النتائج، المروية بطريقة تقريبية تمامًا، عن ما يسمى "الفكر". يوجد كثير من الغموض واللبس حول كلمة "فكر". إن الفكر ليس مادة، ولا هو آلية. بالنسبة للبيولوجي، الفكر هو العلاقة التكيفية لكل جسم حي مع وسطه. إن مفصليات الأرجل واللافقرات لهما فكر وراثي جدا: علاقتهم بالوسط محددة وقريبة جدا من الجينوم الخاص بهم. ويمثل ذلك إجبارًا وقيدًا، لكنه ربما يكون أيضا نجاحًا، لأن هذه الكائنات تنمو بطريقة تعتمد على تكون مجموعة من الخلايا ناتجة عن انقسامات متتابعة لخلية مفردة. إن الطفرات المناسبة يمكن أن تتكاثر بسرعة جدا. إن المعرفة التي لدينا عن مفصليات الأرجل، تدعم بمعنى ما الفرضيات الاجتماعية - البيولوجية. وإذا أردنا الإقرار أن الفكر هو العلاقة التكيفية مع الوسط، فإن كل الكائنات إذن من حيوانات ونبات تفكر.

لدى الفقريات، وعند أعلى نقطة منهم لدى الإنسان الحديث (Homo sapiens)، يعدل الوسط البنية والتركيب. إن جيناتنا هي التي تجعلنا بشرًا، وهي تمنحنا حرية كبيرة جدا بالنسبة للوسط. إن التطور انتقى استراتيجيات نمو تجعل كل فرد يستطيع أن يتغير ويتطور خلال حياته، وأن يستفيد من حرية تخلق متعاقب كبيرة جدا. إنها إحدى قواعد نجاح تكيف الجنس البشري، مع أن، ودون الرغبة في التشاؤم، بعد ٢٠ ألف عام بالكاد من الوجود، لا نعرف إلى ماذا سيقود هذا التحسن غير العادي للآليات الخاصة بالتخلق المتعاقب.

أخيرًا، نستطيع أن نتكيف بواسطة التفرد، أى ما يميز فردًا عن آخر، لكن يمكن أن نتكيف أيضًا باختراع حيل مثل الثقافة، التى تمثل مع الذاكرة الوراثية والذاكرة الفردية، الشكل الثالث والأخير للذاكرة التى يمكننا الرجوع إليها للتفكير فى الكائن الحى.





## تطور الذكاء لدى الطفل<sup>(١٦)</sup>

بقلم: أوليفيه هوديه

Olivier HOUDE

ترجمة: لبنى الريدي

لقد تمسك فرنسوا جاكوب (François Jacob)، في درسه الافتتاحي، بتوضيح أن الحياة تطور، تنظيم للمادة، وأنها لا توجد ككيان مستقل يمكن تمييزه في حد ذاته (مادة ما خاصة أو قوة حيوية). وطبقاً لنفس المنطق، تعتبر العلوم الإدراكية المعاصرة، خاصة علم النفس التجريبي وعلوم الجهاز العصبي، أن الذكاء ليس سوى تطور، تنظيم للمادة (الجسم، المخ) والحياة.

لكن الأمر لم يكن كذلك دائماً في تاريخ الأفكار. من المعروف أن رينيه ديكارت (René Descartes) (١٦٥٠ - ١٥٩٦) رد على سؤال "من أين امتلكننا هذا الكنز الثمين ألا وهو الذكاء؟" قال بوضوح بدا وكأنه ملزم به، "إن الله أودع في ذهننا، منذ الميلاد، أفكاراً منطقية - رياضية واضحة ومتميزة، وهي نواة الذكاء البشري". بعد أربعة قرون، وفي عام ٢٠٠٠، ما هي الإجابة الدقيقة التي يقدمها العلم على هذا السؤال؟

يوجد بيننا وبين ديكارت حدثان رئيسيان يتعين أخذهما في الاعتبار. أولاً إدخال شارل دارون (١٨٨٢ - ١٨٠٩) لفكرة التطور التدريجي للذكاء الحيواني والبشري (من خلال علم تكون الأنسال وتطورها، أو تطور الأنواع)، حيث تتشابه المادة والحياة والفكرة - مستبعداً الله من هذا التوضيح. ثم بعد ذلك تم استعادة هذه

---

(١٦) نص المحاضرة رقم ٢٥ التي أُلقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٥ يناير ٢٠٠٠.

الفكرة في دراسة تطور الكائن الفرد (إن الذكاء ينبنى تدريجيا من الطفل حتى البالغ) بواسطة جون بياجيه (Jean Piaget) (١٩٧٨٠ - ١٨٩٦)، في علم نفس الطفل، وبواسطة جون شانجيه (Jean-Pierre Changeux)، في علم بيولوجيا الأعصاب (neurobiologie)، مع "الدارونية العصبية - العقلية".

طبقاً لبياجيه (Piaget)، يتميز تطور الذكاء لدى الطفل، مثل تاريخ العلوم، بسلسلة متوالية من عمليات التنسيق الإدراكية الجديدة، يحدد كل منها طوراً من الأطوار. إن الأمر يتعلق بمراحل، محددة بالسنوات والشهور، لبناء تركيبات منطقية - رياضية متزايدة التعقيد، خاصة بالشئ المحسوس، والعدد، والتصنيف (التبويب)، والتفكير. إن هذا المفهوم خطى وتراكمى بصرامة، حيث إنه مرتبط بشكل منهجي بفكرة الاكتساب والتقدم: من الذكاء الحسى - الحركى للطفل (اتجاهات وأفعال) إلى الذكاء التصورى والمجرد لدى الطفل والمراهق.

في الواقع، توضح المعطيات التجريبية الحالية أن الأمور لا تتم بهذا الشكل. من ناحية، يوجد سابقاً لدى الطفل إمكانيات إدراكية معقدة بما يكفى (معارف مادية، ورياضية، ومنطقية) تجاهلها بياجيه (Piaget)، ولا يمكن حصرها في مجرد نشاط حسى - حركى. ومن ناحية أخرى، إن سلسلة تطور الذكاء، حتى سن البلوغ، بما فى ذلك سن البلوغ، محفوفة بالأخطاء، وبالانحرافات الإدراكية، وبحالات تفاوت غير متوقعة، وأيضاً بحالات نكوص إدراكى ظاهرى. وبالتالي، فإن الذكاء بدلاً من أن يتبع خطة أو خطأ حسياً - حركياً مجرداً (أطوار بياجيه Piaget)، فإنه يتقدم بطريقة غير منطقية تماماً! لكن يجب أن يتطابق هذا الشكل من التطور مع منطق عصبى وإدراكى فى المخ البشرى. ما هذا المنطق؟

إذا كانت معاينة قدرات مبكرة لدى الطفل تقود إلى التحقق من الطابع الفطرى لبعض هذه القدرات (دون أن يكون الأمر متعلقاً بهبة من الله كما كان ديكارت يؤكد)، فإنها تؤدى أيضاً، وبشكل خاص إلى الأخذ بعين الاعتبار فكرة

آليات التفكير المادى، والعددى، إلخ، المرتبطة بملكة تمهير<sup>(١٧)</sup> مبكرة جدا عن طريق الإدراك الحسى، خاصة البصرى، أو عن طريق عمليات المزاوجة بين إدراك حسى وفعل (وهى ملكة لدى الطفل البشرى، يشاركه فيها، بالنسبة لبعض الجوانب، الرئيسات<sup>(١٨)</sup> غير البشرية كما توقعها دارون). وعملية البناء الإدراكى - التى هى بلا شك تصورية أو سابقة للتصور - هى فى الواقع أسرع بكثير مما تصور بياجيه (Piaget).

لكن ما هو أساسى لا يكمن هنا. فبغض النظر عن آليات مخ الإنسان الفطرية، وقدراته القوية على التمهير، والتفكير والتجريد، إلخ، فإن ما يثير الاهتمام أكثر، هو أن المخ، بشكل ما، عبارة عن غابة تكون فيها القدرات المتعددة للوليد، والطفل، والبالغ، قابلة فى أية لحظة أن تتداخل، وأن تدخل فى تنافس (فى الوقت الذى تبنى فيه نفسها): ومن هنا تأتى الأخطاء، وحالات المراوغة والتفاوت غير المتوقعة (تمامًا مثلما فى تاريخ العلوم والعلماء!). وينتج عن ذلك - لكى يكون المرء ذكيا - ضرورة وجود آلية حصر قوية بالقدر نفسه: الكبح. "أنا أفكر، إذن أنا أكبح" (وليس فقط، كما اقترح بياجيه (Piaget)، "أنا أفكر، إذن أنا أنشط وأنسق").

حاليًا، تعتبر آلية الكبح هذه، فى إطار تطورى، كعنصر رئيسى للتكيف السلوكى والإدراكى الذى أدى إلى الإنسان الحديث (Homo sapiens)، شكل من أشكال "لوغاريتم دارون". وعلى مستوى تطور الكائن الفرد الخاص بالطفل، يجب أن تصبح هذه الآلية فعالة من جديد أيضا - وتظل كذلك لدى البالغ - من أجل مجالات بناء الشئ المحسوس، والعدد، والتصنيف والتفكير.

بالتالى، فإن إحدى الطرق الحالية لمحاولة اكتشاف سر الذكاء، هى دراسة

---

(١٧) طريقة تتيح إقامة علاقات بين عدد من المنبهات والاستجابات فى الكائنات الحية ينتج عنها اكتساب

مهارات خاصة للتكيف مع البيئة. (المترجم)

(١٨) رتبة من الثدييات منها البشرية والقردية. (المترجم)

دور الكبح كآلية انتقاء، وذلك ابتداء من الوليد إلى البالغ. وبما أن العلاقة تفعيل/كبح هي منطق نشاط عصبى وكذلك إدراكى، فإن التقنيات المستخدمة هنا هي تقنيات علم نفس تجريبى وبيولوجيا بشرية فى آن واحد (التصوير الدماغى الوظيفى). ونقدم هنا مثالين: العدد عند الوليد والطفل، والتفكير المنطقى لدى البالغ.

طبقاً لبياجيه (Piaget)، قبل بلوغ مفهوم العدد، يجب أن يكون الطفل قد تحكم فى بعض القدرات مثل قدرات التصنيف، والتضمين، والتسلسل (السمات الأصلية والترتيبية للعدد). عندئذ يستطيع النجاح فى الاختبار المسمى "حفظ العدد". فى هذا الاختبار، الذى يقدم تداخلا بين العدد والطول (مع صفين من الأشياء لها نفس العدد لكن أطوالها مختلفة بعد إبعاد أحدهما)، فإن الطفل حتى ٦-٧ سنوات يعتبر أن "طول = عدد"، إذن "لا يعد هناك سؤال عن الأطوال"! وذلك يعنى، طبقاً لبياجيه (Piaget)، أن طفل مدرسة الحضانة لا يزال حدسياً، بمعنى أنه "أسير" لإطار الإدراك الحسى. ولا يصبح "حافظاً"، وهو معيار بلوغ مفهوم العدد، إلا عند سن ٦-٧ سنوات.

ومن ثم، يكون تطور الذكاء هنا طويلاً وشاقاً: يتعين انتظار "سن التمييز" العزيز على الفلاسفة. لكن الاكتشافات الأكثر حداثة لباحثة أمريكية فى مجال علم النفس، هي كارين وين (Karen Wynn)، والمنشورة فى مجلة نيتشر (Nature) عام ١٩٩٢، طرحت مجدداً بقوة مسألة البروز (المبكر أو غير المبكر) لمفهوم العدد. وتبين أبحاثها أن الأطفال، منذ الشهر الرابع والخامس، الذين تم ملاحظتهم على مستوى نظرتهم (تسجيل أزمنة التثبيت البصرى) قادرون على اكتشاف الإخلال بالعدد أو "الحفاظ" عليه عندما تقدم لهم أحداث رقمية مستحيلة، أى سحرية، أو ممكنة (بدون الفخ الإدراكى الحسى للطول الذى أدخله بياجيه Piaget). طبقاً لوين (Wynn) تفترض هذه النتائج أن الوليد يملك أصلاً مفاهيم رقمية حقيقية (مع ترميز لغوى لعلاقة الترتيب) - وهو ما كان لا يمكن لبياجيه (Piaget) أن

يتصوره! من المعروف أيضا، منذ قليل، أن قرود بندر (rhésus) لديهم قدرات عددية دقيقة حتى رقم ٩. (١٩)

من ناحية أخرى، لقد أوضحت أبحاثنا، المنشورة عام ١٩٩٧ في مجلة Cognitive Development، انطلاقاً من تجربة وين (Wynn) بعد تكييفها على المستوى الشفوي، أن صغار الأطفال من سن ٢ إلى ٣ سنوات، الذين تم مراقبتهم في دور الحضانة، كانوا أقل كفاءة للتفكير على العدد عبر اللغة هذه المرة مما كان عليه المواليد في سن ٤-٥ أشهر! (إنهم يقترفون أخطاء لا يفعلها الولدان في ردود أفعالهم البصرية). كل شيء يحدث كما لو أن البداية الأولى (٢-٣ سنوات) للتمهير على المفردات اللغوية للأعداد، وعلى التمييز اللغوي مفرد/جمع (الذي يقابل العدد ١ بجميع الأرقام الأخرى المقدرة إجمالاً) تقود إلى تفاوت في الأداء، ونكوص إدراكي، مما يمنع الحكم الرقمي الصحيح والدقيق (من هنا يكون الانطباع الخاطئ لدى المعلمين، في مواجهة الطفل في هذه السن، أنهم لاحظوا البداية الأولى لاكتساب العدد!). في الجانب المقابل، يبدو أنه بعد إعادة بناء إدراكية (أو إعادة تكوين المفهوم وتصوره)، يستعيد الأطفال الذين في سن من ٣-٤ سنوات، الذين تم ملاحظتهم في دار الحضانة، عبر اللغة، مستوى أداء المواليد في سن ٤-٥ أشهر، (مع، في هذه الحالة، إمكانية تدليل عددي).

لكن كيف إذن يمكن تفسير أنه إذا أجرينا تداخلا بين العدد والطول (صفان من الأشياء عددها واحد لكن أطوالها مختلفة)، مثلما فعل بياجيه (Piaget)، فإن هؤلاء الأطفال أنفسهم يكونون مجدداً في موقف فشل، ويصبحون حدسيين، وإدراكهم حسي، معتبرين أن العدد أكثر حيث إطول أكبر؟ إن تقنيات علم النفس التجريبي تسمح الآن بإثبات أن اختبار بياجيه (Piaget) يختبر قبل كل شيء القدرة على كبح

---

(١٩) في الواقع، لقد بينت بيانات Brannon & Terrace المنشورة في مجلة Science عام ١٩٩٨ (عدد ٢٨٢ صفحات ٧٤٦-٧٤٩) القدرة غير الشفوية لقرود بندر على الترتيب الدقيق لمجموعات رقمية من ١ إلى ٩ أشياء، بصرف النظر عن مميزات المادية من حيث الحجم، والشكل، واللون.

الإستراتيجية البصرية الفراغية "طول = عدد" (استكشاف للتكميم الإدراكي وهو غالباً ما يكون مناسباً ويظل البالغ يستخدمه) وليس القدرات العددية في حد ذاتها. إذن، يكون تطور العدد أسرع بكثير، وفي الوقت نفسه أكثر تعقيداً فيما بعد (تنافس بين إستراتيجيات) مما تصوره بياجيه (Piaget). وفيما وراء المهارات المبكرة في المواقف المثلثية (أبحاث وين (Wynn) عن الوليد)، لا يتوقف كون المرء ذكياً على "إعادة بناء عبر اللغة" (reformer) فقط، لكنه يتوقف أيضاً على الكبح.

ويمكن أن نبين أن ذلك يظل صحيحاً أيضاً لدى المراهقين والبالغين عند مواجهتهم لمشكلات تفكير منطقي، فإنهم يعودون مثل الطفل الصغير، يعتمدون على الحدس والإدراك الحسي - على نقيض الذكاء المجرد والمنطقي - الرياضي الذي وصفه بياجيه (Piaget) لهذه المرحلة الأخيرة من التطور. وهكذا، فإن خطأ تقليدياً في المنطق (أكثر من ٩٠ ٪ من الإجابات)، بينه العالم النفسي الإنجليزي جوناثان إيفانس (Jonathan Evans)، هو انحراف للاقتران الإدراكي الذي يؤثر على التفكير حين القيام بمهام تنفيذ أو تحقق من قواعد شرطية. بالنسبة لمثال قاعدة التنفيذ "إذا لم يكن هناك مربع أحمر على اليسار، فيوجد إذن دائرة صفراء على اليمين"، يكمن هذا الانحراف في تفضيل العناصر المذكورة في القاعدة المعنية (ومن ثم تكون الإجابة الخاطئة "مربع أحمر على اليسار، دائرة صفراء على اليمين"، مقدمة خاطئة وتال صحيح: FV خ ص) وإهمال العناصر المتعلقة منطقياً بالموضوع (موقف من نوع VF ص خ: على سبيل المثال، مربع أزرق ومعين أخضر) حيث إنها غير مقترنة لا بالمقدمة ولا بالتالي. إن أبحاثنا في مجال علم النفس التجريبي والتصوير الدماغى الوظيفي، التي ستنتشر قريباً في مجلة Journal of Cognitive Neuroscience (بالتعاون مع فريق البروفسير برنار مازوييه (Bernard Mazoyer) والدكتورة ناتالى تزوريو - مازوييه (Nathalie Tzourio-Mazoyer) من جامعة Caen وCEA وCNRS)، تشير إلى أنه بعد تمهير على كبح انحراف الاقتران الإدراكي، يعطى الأشخاص الذين تم سؤالهم (أكثر من ٩٠ ٪) إجابة منطقية (إستراتيجية تحليل أخرى متاحة في الذاكرة). وبالإضافة إلى

حقيقة أن الكبح يجعلهم يغيرون جذريا طريقة التفكير عند "تكون صغير" (أى قبل وبعد التمهير)، فإن الأكثر إثارة للاهتمام يرجع إلى أنه يحدث فى آن واحد "انقلاب دماغى" حقيقى للجزء الخلفى للمخ (شبكة إدراكية جوفية وظهرية فى آن واحد) إلى الجزء الأمامى: شبكة أمامية جبهية.

يمكن الاعتقاد أن مثل هذه الديناميكية العصبية والإدراكية يجب أن تكون فى قلب ما يحدث فى تطور الذكاء لدى الطفل (إثبات ذلك بواسطة تقنيات التصوير الدماغى)، فيما يتعلق ببناء الشئ المحسوس، والعدد، والتصنيف، إلخ، فى كل مرة تطرح فيها مشكلات انتقاء إستراتيجيات فى الذاكرة: على سبيل المثال، كبح الإستراتيجية الإدراكية غير الملائمة "طول = عدد" فى مهمة بياجيه (Piaget). ومع العلم بأن الحجم النسبى للقشرة الأمامية الجبهية هو الأكبر لدى البشر، وأنه يتناقص على التوالى لدى الرئيسات الأخرى، وآكلات اللحوم، والقوارض، يمكننا أيضا أن نعتقد أن هذه الديناميكية الخلفية - الأمامية، دليل الكبح السلوكى والإدراكى، لابد أنها لعبت دورا رئيسيا فى التطور (لمادة الذكاء) الذى قاد إلى الإنسان الحديث (l'homme moderne).



1. PIAGET (J.), INHELDER (B.), *La Psychologie de l'enfant*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1966.
2. HOUDÉ (O.), « Développement cognitif » in Houdé (O.) et coll., *Vocabulaire de sciences cognitives*, Paris, PUF, 1998.
3. HOUDÉ (O.), *Rationalité, développement et inhibition : Un nouveau cadre d'analyse*, Paris, PUF, 1995.
4. WYNN (K.), « Addition and Subtraction by Human Infants », *Nature*, n° 358, 1992, p. 749-750.
5. HOUDÉ (O.), « Numerical development : From the infant to the child. Wynn's (1992) Paradigm in 2- and 3-year-olds », *Cognitive Development*, n° 12, 1997, p. 373-392. Voir aussi : Houdé (O.), « De la pensée du bébé à celle de l'enfant : l'exemple du nombre » in Dortier (J.-F.) (Ed.), *Le Cerveau et la pensée*, Auxerre, Sciences Humaines Éditions, 1999.
6. EVANS (J.), *Biases in Human Reasoning*, Hove and London, Erlbaum, 1989.
7. HOUDÉ (O.), ZAGO (L.), MELLET (E.), MOUTIER (S.), PINEAU (A.), MAZOYER (B.), TZOURIO-MAZOYER (N.), « Shifting from the perceptual brain to the logical brain : the neural impact of cognitive inhibition training », *Journal of Cognitive Neuroscience* (à paraître), 2000.

## الشيخوخة وهرمونات الستيرويدات<sup>(٢٠)</sup>

بقلم: إتيين - إميل بوليه

Etienne-Emile BAULIEU

ترجمة: لبنى الريدى

إن العلماء فى مقدمة من يعرفون أنهم لا يسيطرون على كل المعارف. وأزعم أنى واحد منهم بالرغم من أنى طبيب من حيث التأهيل والتفكير، وهو ما يجعلنى أحب فى آن واحد العلم الأساسى، والبحث النظرى، والعلم الذى يطبق، بشكل خاص، على مشكلات الصحة وبالتالى المجتمع بالكامل.

سوف نتناول بالبحث الـ "ستيرويدات" (stéroïdes). يتم دراسة هذه الجزئيات فى إطار الأبحاث الخاصة بالسرطان والالتهاب، والجهاز الدورى، القلبى - العرقى، (cardio-vasculaire) والضغط العصبى، إلخ، والأبحاث الخاصة ببداية الحياة، والحمل والشيخوخة. وسوف نتناول هنا الموضوع الأخير. إن وجهة النظر التى سنعرضها لها عواقب ملموسة لعلاج الأمراض المرتبطة بالشيخوخة. وسيناقش جزء من هذا العرض بعض المسائل المتعلقة بطول عمر الإنسان بشكل عام، وسيقدم جزء آخر اكتشافات حديثة لمعملنا نتناول علاج فقد الذاكرة، المرتبط بسن الحيوان.

## الستيرويدات<sup>(٢١)</sup>

إن كلمة "ستيرويد" مشتقة من الكولسترول. ويتم توليف بعض الهرمونات

---

(٢٠) نص المحاضرة رقم ٢٦ التى ألقى فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٦ يناير ٢٠٠٠.

(٢١) مركبات شبيهة بالكولسترول. (المترجم)

انطلاقاً من الكولسترول، هرمونات جنسية مثل التستوسترون للذكور، والاستراديول (oestradiol) للإناث والجسرون (progestérone) لإتاحة الحمل، وهرمونات الأيض التى تسمى كورتيكوستيرويد (corticostiroide) مثل الكورتيزول (cortisol). إن إنتاج هذه الهرمونات فى الغدد الكظرية والمبايض والخصية يمر بمواد وسيطة، هى الـDHEA، والبرينينولون (Prégnénolone) وفقاً للحالة. إن آلية عمل الستيرويدات معقدة ومركبة، ومتعددة ومتنوعة بشكل كاف لى تتمكن من التدخل فى العديد من الظواهر الفيزيولوجية (وظائفية). ولكل هرمون مستقبل خاص به ويعمل على جينات محددة.

### الشيخوخة

إن الشيخوخة موضوع اهتمام عام، قد يكون أقل تقنية من الكيمياء الحيوية للستيرويدات، لكنه صعب جداً على المستوى العلمى. يعرف الجميع أن معدل العمر يزيد. إن ذلك صحيح بالنسبة للرجال والسيدات الذين ولدوا منذ عام ١٩٤٥، لكنه صحيح أيضاً لمن بلغوا ٦٠ عاماً فى الستينيات من القرن العشرين، ولا يزالون يتقدمون فى العمر باطراد. من المعروف أن السيدات يعشن أطول من الرجال، لكن لم يفهم بعد حقا السبب فى ذلك.

إن علم دراسة الشيخوخة (géronologie) هو الأساس لطب الشيخوخة. من ناحية، يوجد تشابه بعض الشيء بالنسبة للأطفال: فهناك بيولوجيا النمو وطب الأطفال.

إن طول العمر الذى نناقشه هنا ليس طول العمر الأقصى فى نوع ما، لكن متوسط طول العمر، أى متوسط معدل العمر. فى الواقع، تشير مقارنة معدل العمر مع الناتج القومى الإجمالى أى ثروة البلدان، سواء كان لديها اقتصاد سوق أو اقتصاد تحول، أو كانت بلدانا نامية أو من البلدان الأكثر فقراً، تشير المقارنة إلى أنه من الأفضل ألا يكون المرء فقيراً لى يعيش طويلاً...

فى فرنسا، كان نصف النساء وخمس الرجال عام ١٩٩٨ يبلغون الخامسة والثمانين ويتجاوزونها. ونصف الفتيات اللاتى ستولدن هذا العام، عام ٢٠٠٠، سيبلغن المائة عام. ومن ثم تتغير بنية وتركيب السكان بالكامل. وسوف يستمر هذا التغير كما توحى بذلك عملية رصد غير عادية، أجريت خلال العامين أو الثلاثة أعوام الأخيرة: لا يزيد معدل الوفيات البشرى كل عام بعد سن الثمانين. بمعنى آخر، يعلم الجميع مثلاً، أن احتمالات الوفاة عند سن الخامسة والسبعين أكبر بكثير عنها عند سن الخامسة والستين. لكن بعد الثمانين، يبقى احتمال الوفاة بالنسبة للسنة التالية ثابتاً، وبعد مائة عام ربما يكون معدل الوفيات أقل قليلاً: هناك تباطؤ فى تواتر الوفيات عند هذه الأعمار المتأخرة. من الواضح أن عدد المتقدمين جداً فى العمر سيزيد فى المجتمع بشكل مطرد. فى الفترة من عام ١٩٠٠ إلى ٢١٠٠، سيزيد عدد سكان العالم من ٦ مليارات نسمة إلى أكثر من ١١ مليار نسمة، مع تعديل كبير فى بنية الأعمار. فى القرن الواحد والعشرين سيكون أكثر من ربع سكان الأرض قد تجاوزوا سن الـ ٦٥.

### لماذا نشيخ؟

قد قال بيرل (Pearl) إن الشيخوخة ترجع أساساً لاستهلاك الأكسجين للحصول على الطاقة الضرورية لكل أنشطتنا، وهو ما يؤدي إلى تكون المجموعات الذرية الحرة، والتي تتكون بنسبة ٢% تقريباً من الاستهلاك الكلى. وتشير النظرية إلى أن المجموعات الذرية الحرة سامة، وبالتالي سيكون كافياً، على سبيل المثال، تقليل الأكسدة لى يعيش المرء مدة أطول، أو استخدام أدوية ومضادات أكسدة، وأنزيمات مضادة للمجموعات الذرية الحرة إلخ. وتبين التجربة أن هذا المبدأ ليس كافياً بالمرّة لتفسير الشيخوخة.

إن ثمة نظرية أخرى تتبع عن النظرية العامة للتطور. إن الحيوانات، لى تجعل نوعها يبقى، تعيش حتى نهاية فترة نشاط التكاثر الخاصة بها، ويمكنها

الموت مباشرة بعد ذلك. إن النساء، مثلاً تتجاوزن بشكل كبير هذه السن، حيث يكون سن انقطاع الطمث عند سن الخمسين تقريباً، بل وتعيشن حتى سن المائة، أى مرتين أكثر. لقد فاز الجنس البشرى تماماً على "الطبيعة" فى مجال طول العمر. إن طول العمر، هو الزمن، بينما الشيخوخة هى التلف الذى يحدث على امتداد مدة الحياة. يمكن أن يكون هذا التلف ذو طابع وراثى، أى مبرمج بل ومثبت مسبقاً، أو قد يرجع أساساً إلى ما يطرأ أثناء الحياة ويأتى من الخارج، أى من البيئة. إن الأكسدة المتلفة، التى سبق ذكرها، هى إحدى سمات تأثير البيئة على البيولوجيا الخاصة بنا. عند بعض المرضى الذين لا يعيشون طويلاً مثل من يعانون من مرض فرنر (Werner) (نوع من "القزمية" progéria)، وهو أعراض متلازمة لمرض شيخوخة قبل أوانها، يتم وصف تلف وراثى محدد على مستوى جينة معينة تقوم بإصلاح الدنا (AD N) بشكل سيئ. هل هى جينة الشيخوخة أو إحدى جيناتها؟ فى الواقع، إذا نظرنا للموضوع من قرب، فإن الأمر لا يتعلق بـشيخوخة طبيعية، لأن هؤلاء الأشخاص المصابين بمرض فرنر (Werner) لا يعانون من ارتفاع ضغط شريانى ولا يصابون بمرض ألزهايمر، وليس لديهم الأورام السرطانية نفسها التى تصيب الأشخاص "الطبيين" مع السن. بمعنى آخر، إنها شيخوخة بالطبع، لكنها غير طبيعية، إنه خلل وظيفى وراثى غريب لا يفسر إذن الشيخوخة بشكل عام.

غير أن الدراسات التى أجريت على دودة من فصيلة الخيطيات، وعلى ذبابة الدروسوفيل (ذبابة الخيل) توضح أن بعض الجينات، إذا تم إصلاحها ومعالجتها بتقنيات علم الوراثة الجزيئية، تؤدى إلى تعديل فى طول العمر. إن تحليل تركيب البروتينات التى تقوم هذه الجينات بتفسيرها يبين أن الأمر يتعلق ببروتينات معروفة سلفاً، وموجودة لدى كل الكائنات الحية، من الديدان حتى البشر مروراً بالذباب، وهى تلعب دوراً فى الأيض. وتكون هذه الجينات مهمة جداً، لدى حيوان عدد جيناته محدود: إذا قامت بوظيفتها بشكل أفضل فإن هذا الحيوان يعيش عمراً أطول، والعكس صحيح إذا كانت ذات نوعية أقل. إذن فالأمر ليس تفسيراً يتعلق

بساعة وراثية، نوعية، متصورة سلفا ولا تتأثر بالبيئة، إنه تفسير لآلية تستطيع البيئة أن تؤثر من خلالها على طول أعمارنا. إننا نعيش، بالطبع، فى إطار محدد وراثيا، لكنه مجرد إطار، يوجد داخله إمكانيات متنوعة، بما فى ذلك طول عمر مختلف. بهذا المفهوم، يكون للبيئة، أى البرد، والحر والرياح، والمطر، والصدمات، والتغذية مختلفة الأنواع، والانفعالات، والحياة الاجتماعية، والشخصية،... إلخ تأثير على أجهزة التنظيم الحيوية الخاصة بنا، وهى شديدة التعقيد، وتعمل بطبيعة الحال بفضل نشاط العديد من الجينات - إنها بالطبع إذن شبكة متعددة الجينات. يمكن طبيا أو علميا أو من خلال ظروف الحياة، تعديل سمة أو أخرى من نشاط هذه الأجهزة، وطبقاً لأوجه النقص، أو الإسهامات، أو الصعوبات أو المتع، يكون من الممكن تعديل طول العمر.

### مظاهر طبية عند الشيخوخة

تطرح الشيخوخة العديد من المشكلات. يمكن أن يصبح المرء معتوها، أى لا يعد موجوداً تماماً من الناحية العقلية، أو يصاب فقط بالاكتئاب أو يغدو واهناً، حيث تتناقص قوة العضلات، وتصبح العظام هشة، إلخ. إذن هناك سلسلة كاملة من المتغيرات "الطبيعية"، بالإضافة إلى كثرة الأمراض النوعية.

إن البحث الطبى المتعلق بالشيخوخة ليس سهلاً، بل هو صعب. فمن ناحية، تكون الفائدة التى يجنيها المتطوعون المسنون الأصحاء، من المشاركة فى الدراسات قليلة نسبياً، نظراً للامتداد المحدود لوجودهم ذاته. ومن ناحية أخرى، يجب أحياناً مطالبة الأسرة بالموافقة الضرورية، وهو أمر غالباً ما يكون صعباً. فضلاً عن ذلك، يكون شبه مستحيل فى أغلب الأحيان اقتراح قواعد عامة، لأن هناك أناساً لهم نفس السن ولكنهم مختلفون جداً تبعاً للحياة التى عاشوها، والسن، والجنس والأمراض ومكان السكن، والأنشطة،... إلخ.

هناك العديد من الأسئلة التى لم تحل بعد:

لماذا تعيش النساء أطول من الرجال بحوالى سبعة، أو ثمانية أو تسعة أعوام فى ظل ظروفنا فى الغرب؟ وفى إفريقيا يكون الفرق عامًا أو عامين لأن كثيرًا من النساء يمتن أثناء الحمل والولادة نظرًا لنقص العناية... كما كان يحدث عندنا فى القرن التاسع عشر. قد يرجع السبب فى هذا الفرق إلى إنهاك الجسم الذكري بواسطة الهرمونات المنشطة للذكورة (androgènes)، لأن هذه الهرمونات قد تؤدي إلى المزيد من الأضرار للأوعية الدموية والقلب، على نقيض هرمونات الأنوثة (oestrogènes) الواقية، لكن لم يتم إثبات ذلك بعد.

لماذا يعانى المسنون من السرطان أكثر من الشباب؟ لماذا تنخفض الوظائف المناعية؟ إنها أسئلة عديدة بلا أجوبة. ويمثل السقوط جزءًا من الأخطار التى تترصد للمسنين. وهى ترتبط بضعف الجهاز العصبى، وعدم الكفاية العضلية، ويتعدّد الموقف نظرًا لهشاشة العظام، إلخ. ويتعين على التقدم الطبى أن يسهم فى تقليل هذه الأمراض المرتبطة بالسن.

### الهرمونات والشيخوخة

تتدخل بعض الهرمونات أثناء الشيخوخة. من بين هذه الهرمونات الأنسولين. يعانى كل شخص تقريبًا وهو يتقدم فى العمر من مرض السكر بقدر ضئيل. كما يمكن أن تتميز الشيخوخة بانخفاض هرمون النمو، والهرمونات الجنسية، الذكورية (أندروجين androgène) والأنثوية (أستروجين oestrogène). ويخلق سن اليأس عند النساء مشكلات مهمة يجب معالجتها، ونعرف حاليًا أن نقوم بذلك جزئيًا، عن طريق إعطاء ستيرويدات تخليقية، هرمونات الأستروجين (oestrogènes) التى تساعد العضلات وبشكل خاص العظام على أن تكون أكثر متانة، وتحسن حالة الجلد والأغشية المخاطية التناسلية، ومن ثم تجعل الحياة الشخصية أكثر لطفًا. كما أن لهذه الستيرويدات التخليقية خواصًا حامية للجهاز العصبى. فى فرنسا منذ حوالى خمس أو ست سنوات، كانت نسبة السيدات اللاتى

تجاوزن الخمسين ويتناولن الهرمونات لا تتعدى بضع في المائة. حاليًا بلغت النسبة ما بين ٢٠% و ٣٠%، ويمكن أن نأمل في خفض عدد من أمراض القلب والأوعية الدموية والأمراض الخاصة بتدهور الجهاز العصبي وانحطاطه. إن سن اليأس عند الرجال، يتميز بانخفاض وظائف الخصية تدريجياً وبشكل غير متساو تبعاً للأفراد، على عكس سن اليأس عند النساء. وليس من السهل تناول هرمونات الذكورة (أندروجين androgènes) لتعويض انخفاض التستوسترون، إن وجد، لأنه يمكن أن يسبب بعض الأضرار.

أما فيما يتعلق بالهرمونات الكظرية سواء لدى الرجال أو النساء، فإن الكورتيزول (الكورتيزون الطبيعي كرد فعل للضغط العصبي) يحتفظ بمستوى ثابت مع السن، بينما الـ DHEA تقل مع نقص الوظائف الكظرية (adrénopause). يوجد إذن عدم توازن. ويتم على مستوى المخ تحديد أهمية تكوين الكورتيزول، وتؤدي الزيادة النسبية للكورتيزول عند الشيخوخة إلى تبدل دماغى مع علامات نقص مناعى، وهزال عضلى وهشاشة عظام، وميل إلى مرض السكر، وذلك عن طريق عمليات ضبط سلبية لرد الفعل الارتجاعى (feed back)، والتحكم الرجعى (rétrocontrôle).

## الـ DHEA

هناك الـ DHEA "الحر" وكبريتات الـ DHEA (DHEAS). إن ذلك مهم جداً لأن وظيفة الاستر<sup>(٢٢)</sup> تعدل تماماً أيض الـ DHEA والفيزيولوجيا الخاصة بها: يتم تكون الـ DHEAS على المستوى الدماغى ويكون نشطاً عند هذا المستوى. إن الـ DHEA التى تمتص تصبح DHEAS فى الكبد. وبالتالي، لا يحتاج الأمر أخذ كبريتات الـ DHEA لرفع نسبة الـ DHEAS المنخفضة إلى مستوياتها الطبيعية: الـ DHEA تكفى. فى جميع الأعمار، يكون تركيز

---

(٢٢) ملح عضوى يتولد من فعل أحد الأحماض فى الكحول. (المترجم)



الـ DHEA فى الدم لدى السيدات أقل بحوالى ٣٠% عنه عند الرجال. ومع السن يحدث انخفاض كبير، ومنتظم، عند الجنسين، بحيث تكون نسبته فى سن السبعين ١٠% أو ٢٠% فقط من النسبة المرصودة فى السن من ٢٠ الى ٣٠ عاما. وهناك سؤال مطروح هو هل من المفيد استعادة هذا المستوى الشاب، بمعنى آخر، هل يتعين تجديد شباب نسبة الهرمونات؟

إن للـ DHEA أيض معقد بما فيه الكفاية. فهى تنتج من الكولسترول ويمكن أن يتم تحويلها جزئيا عن طريق الأيض إلى هرمونات ذكورية (أندروجين) وهرمونات أنثوية (أستروجين). إن أشكال الـ DHEA الحرة والكبريتات فى حالة توازن. يمكن للـ DHEA ولكبريتات الـ DHEA الآتية من الدم أن تتحول فى الكبد والكثير من الأعضاء الأخرى إلى تستوسترون أو أستروجين، وهى منتجات فعالة تعدل تخليق البروتينات. فى مجموع الجسم، يوجد إذن ظاهرة ابتداء (أى عملية تمثيل المواد الغذائية وتحويلها إلى أنسجة)، أى عمليات تخليق عضوية. بالإضافة إلى ذلك فإن للـ DHEA وكبريتاته أنشطة على مستوى الجهاز العصبى. لقد قمنا مع زملائنا فى منطقة بوردو، خاصة البروفسير ج.ف.دارتجيه (J.-F.Dartigues)، يبحث فى مجال علم الأوبئة (épidémiologie) عن نسب كبريتات الـ DHEA لدى الأشخاص الذين يزيد عمرهم عن ٦٥ عامًا، وتمت دراستهم لعدة سنوات. وبعد عامين وأربعة أعوام، كان الرجال المتوفين ضمن من قيسَت لديهم النسبة الأدنى من كبريتات الـ DHEA. ومن ناحية أخرى، كانت السيدات اللاتى لديهن نسبة كبريتات DHEA منخفضة نسبيا أكثر اكتئابًا من الأخريات. غير أن هذا النوع من الدراسات لا يثبت علاقة بين المسبب والنتيجة: إن الأمر يتعلق بحالة ارتباط متبادل. لقد قاد البروفسير صامويل يين (Samuel Yen)، فى سان ديغو بكاليفورنيا، دراسة عن إعطاء الـ DHEA إلى أشخاص يتقدمون فى العمر من أجل أعادتهم إلى نسب دموية مساوية لتلك الخاصة بأشخاص شابة. إنه ليس علاجًا بدواء، فهو تعويض عن الذى ينخفض مع السن، مثل قليلا ما يتم مع هرمونات الأستروجين عند السيدات اللاتى بلغن سن اليأس.

إن الرجال والسيدات الذين أخذوا الـ DHEA لمدة ثلاثة أشهر أصبح لديهم إحساس أفضل بالحياة، مقارنة بالذين تناولوا عقارًا لا أثر طبي له (Placebo). وفي باريس أجريت تجربة لمدة عام لتناول الـ DHEA مقابل البلاسبو (Placebo)، وقد أجريت هذه التجربة على رجال وسيدات من سن الستين إلى سن الثمانين. والنتائج حاليًا تحت الطبع. Banlieu E.-E.et collaborateurs, Proc (Natl Acad Sci, n du 13 avri2000.)

### الستيرويدات العصبية وإصلاح أنواع التلف التي تحدث على مستوى الجهاز العصبى

إن للستيرويدات نوعين من العمل على مستوى الجهاز العصبى: أعمال غذائية على مستوى الخلايا العصبية وخلايا الموثق العصبى التى تمثل لحمة النسيج العصبى. وأعمال وظيفية معدلة للسائل العصبى. إن الستيرويدات، التى يتم تخليقها تقليديا فى الخصية والغدد الكظرية والمبايض والمشيمة، يتم تخليقها أيضا فى المخ والأعصاب. للانتقال مثلا من الكولسترول إلى البرينينولون (prégnènone)، يجب توفر الأنزيمات المناسبة، السيسيتوكروم P450 وهو خصب أساسى للتنفس الخلوى يحتوى على الحديد، ويقع فى الميتوكوندريا. لقد تم إثبات ذلك باستخدام أجسام مضادة نوعية وباستعمال طريقة مناعية خلوية. إن خلايا الموثق العصبى، المغذية بشكل ما للخلايا العصبية، تشارك مشاركة كبيرة جدا فى أيض الستيرويدات التى ستعدل نشاط الخلايا العصبية بمعناها الضيق.

إن هرمون الجسفرول (progestérone) هو ستيرويد نشأ من الكولسترول، بواسطة البرينينولون (prégnènone). ويتكون النخاعين (myéline) فى خلايا شوان (Schwann). وعند قطع محور عصبى على مستوى العصب الوركى فإنه ينمو من جديد فى غضون بضعة أسابيع. وأثناء هذا الوقت، سيحدث فى أول الأمر تحلل لخلايا الموثق العصبى الخاصة بخلايا شوان (Schwann) ثم تتكاثر وتقوم

بتخليق النخاعين (myéline) بعد ذلك. وإذا توقف تكون الجسفرون في خلايا شوان (Schwann)، فإن النخاعين يتم إصلاحه موضعياً، بشكل أبطأ بكثير. والشئ نفسه يحدث إذا تم إيقاف مفعول الجسفرون بواسطة الـ RU486 (عامل مضاد على مستوى المستقبل)، إذ يكبح ذلك إصلاح النخاعين، بينما تؤدي إضافة زيادة من الجسفرون إلى جعل الموقف طبيعياً من جديد. بمعنى آخر، إننا نعرف كيف نساعد، في الجسم الحي، على إعادة تكوين النخاعين لعصب ما بشكل أسرع، وذلك بمعالجته بالستيرويد العصبي الجسفرون. لقد تم أيضاً تسجيل تأثير على مستوى المحور العصبي. إنكم تعرفون أن الأعصاب يمكن أن تتلف في الشيخوخة. وهو ما يعنى المنفعة المحتملة من وجهة النظر الطبية.

## الذاكرة

إن الـ GABA ناقل عصبي، وهو جزئى كيميائى بسيط جداً يعمل في المخ كمهدئ. إن مركبات البنزو ديازبين تثير نظام GABA، وبالتالي فإن لها أيضاً تأثير مهدئ. وعلى العكس، تتعارض المنتجات التنجبية مع تأثير GABA. إن الستيرويدات العصبية قد تشجع عمل الـ GABA أو تعارضه، تبعاً لتركيبها، بمعنى آخر قد تكون هذه الستيرويدات العصبية مهدئة أو مثيرة. ويجرى التحقق من هذه الخواص العقاقيرية العصبية عند مستوى الذاكرة.

إننا نستخدم متاهة على شكل Y لقياس ذاكرة الحيوانات، حيث يكون الفرع الثالث مسدوداً. يتمشى الحيوان في الفرعين المتاحين له. ويتم تسجيل عدد الزيارات التى يقوم بها لجانب وللآخر. وبعد فترة تدريب وفسحة للراحة، يتم فتح الذراع الثالث. وبالتالي، سيكون الحيوان قادراً على زيارة الذراعين اللذين يعرفهما بالإضافة إلى الذراع الثالث. وسيكون لديه اختياران: إما أنه يتذكر الموقف الأصلي، أو أنه نسيه. إذا لم يكن لديه ذاكرة، سيبدو الأمر كله جديداً بالنسبة له، من ثم فإنه سيزور كل فرع بالتساوى، بنسبة ٣٣% تقريباً. وإذا كان يتذكر، فإنه

لن يهتم مجدداً بزيارة الفرعين اللذين يعرفهما وسيفضل الذهاب في الذراع المفتوح حديثاً. ويمكن بسهولة قياس هذه السلوكيات، وتقدير الكفاءة الخاصة بالذاكرة كمياً. هناك تقنية أخرى: إن المتاهة المائية (للعالم الإنجليزي Morris) عبارة عن حوض سباحة قطره حوالى المتر، مملوء بالماء مع قليل من اللبن عند السطح بحيث يصبح الماء غير شفاف. وبالتالي إذا غمرنا منصة على عمق صغير ستكون غير مرئية تحت طبقة اللبن. يسبح الحيوان ولا يرى المنصة، ومن ثم فهو يسبح فى أى مكان بشكل عشوائى إلى اللحظة التى يلمس فيها الحيوان المنصة بالصدفة ويصعد فوقها. لقد لاحظ، على حواف حوض السباحة، إشارات فراغية ذات ألوان وأشكال مختلفة. بعد التدريب، تتوجه الحيوانات التى لديها ذاكرة مباشرة نحو المنصة، والتى ليس لديها ذاكرة تستغرق وقتاً للتوجه إليها وتسبح لمدة طويلة. كل ذلك يتم تسجيله، ويسمح أيضاً بتقييم كمى للوظيفة المتعلقة بالذاكرة. تذهب الحيوانات الشابة بسرعة أكبر نحو المنصة من الحيوانات المسنة. إذن، للحيوانات المسنة ذاكرة أقل: غير أنهم مختلفون عن بعضهم البعض (مثل البشر). إن جزءاً من المخ، هو قرن آمون (hippocampe)، له دور أساسى وجوهري لسير عمل الذاكرة. إن قياس نسبة كبريتات البرنينولون (prégnénolone) فى المناطق المختلفة من المخ لدى الحيوانات المسنة، لا يبين أى اختلاف وفقاً لحالة الذاكرة، باستثناء فى قرن آمون حيث تكون النسبة أكثر ارتفاعاً عند الحيوانات التى لديها ذاكرة أقوى: إذن هناك ارتباط بين تعاضم فقدان الذاكرة وانخفاض كبريتات البرنينولون (prégnénolone).

إن حقن الفئران فى قرن آمون بكميات تساوى حوالى واحد على مليار من الجرام من كبريتات البرنينولون (prégnénolone) تزيد إنتاج مادة الأسيتيلكولين (acetylcholine). إن الأسيتيلكولين منتج ضرورى تماماً للذاكرة. عندئذ تنتقل النتائج الخاصة بالمتاهة التى على شكل Y من ٣٣% إلى ٥٥%. بمعنى آخر، إن بإمكاننا أن نجعل الذاكرة "شابة" للحيوانات الذين شاخوا وفقدوها (وكان لديهم انخفاض فى كبريتات البرنينولون (prégnénolone) فى قرن آمون). سوف ندرس الظاهرة بشكل أكبر من أجل ابتكار عقار نافع لتعويض فقدان الذاكرة لدى الرجل

أو المرأة التى تتقدم فى العمر: إذن فهى وظيفة دماغية يجب أن نتمكن من تحسينها طبيًا، كما توحى بذلك هذه التجربة.

### الخاتمة

إن الاهتمام بمسائل الشيخوخة هذه يدل على قلق أخلاقى. هناك من يسمون الشيخوخة الطاعون الرمادى. إنه لشيء رهيب جدا. هناك اتجاه شبه عنصرى بتنحية كبار السن جانبا. إن العلماء والأطباء الذين يتناولون الشيخوخة بالبحث، يشعرون بالسعادة لأن منظمات دولية مختلفة أعلنت أن حقوق الإنسان تنطبق بالكامل وبدون أى تحريف على قضية الشيخوخة. إن ذلك أساسى حقا، ويجب ألا ننساه. بل ربما يجب أن نستهدف أن تكون الشيخوخة ناجحة. فليس هناك مبرر ألا يتم الاستجابة للمشكلات التى تطرح نفسها نتيجة التقدم فى طول العمر. بالطبع يجب علاج الشيخوخة المرضية، بل وتفاديها.

لكلمة "تقاعد" معنيان. يتعلق الأمر بالطبع بدفع معاش مستحق تمامًا. لكن ذلك يعنى أيضا أن شخصا ما منسحب، وبشكل خاص منسحب من الحياة الشخصية، والحياة الأسرية، والحياة الاجتماعية، إن هذا التوقف عن النشاط لا يمكن إلا أن يكون ضارا: فهو يؤدي غالبًا إلى حالة مرضية، بينما هناك وسيلة لتداركها. من ناحية، تسمح الثورة الطبية بجعل عدد من علامات سن اليأس تتراجع، وفى الغد ستتمكن من جعل بعض علامات فقد الذاكرة تتراجع أيضا. ومن ناحية أخرى، يجب أن تسمح ثورة الاتصالات للأشخاص المسنين بأن يظلوا فى المجتمع، ليس فقط من أجل الترفيه لكن بالارتباط أيضا بأعمال من أجل البقاء نشطين، وحتى للحصول على أجر أو مكافأة: "يجب إرسال التقاعد إلى التقاعد".

إن معنى ذلك أنه يتعين بالطبع تعويض أشكال العجز بقدر المستطاع، خاصة أشكال عجز المخ، الأساسى تمامًا لاستقلال أى شخص مسن. إنها الموضوعات الكبرى التى يتعين مناقشتها.

فى النهاىة؁ هناك فكة مهمة جدا. ىتكلم الءمىع؁ بطرىقة عاطفىة وعقلانىة فى آن واءء؁ بشكل إىءابى جدا؁ عن التضامن. إن التضامن شىء ءىء جدا؁ لكنه مع ذلك عىر كاف. إن ما ىتعىن عمله حالىآ؁ هو الوقاىة من نقص حرىة إراة الأشخاص المسنىن أو رء هءه الحرىة إىهم؁ مساهمىن بءلك فى كرامتهم الشءصىة؁ وفى اتصالاتهم بأسرتهم والمءتمع؁ من ءلال حىاة نشطة ممتةة. إنه هءف ءمىل فى متناول بلد مثل بلءنا.



## الباب الخامس

# إلى أين يقود علم الوراثة ؟





**تحديد تسلسلات  
الجينوم البشري:  
كيف ولماذا<sup>(١)</sup>  
بقلم: جان فايسينباخ  
Jean WEISSENBACH**

ترجمة: خليل كلفت

**مقدمة**

تحتوى خلايا الكائنات الحية على برنامج تعليمات (الجينوم génome) يسمح لها بأن تحافظ على حياتها أو بأن تتكاثر. وهذه التعليمات (الجينات gènes) مشفرة فى صورة كيميائية على طول جزيئات molécules عملاقة، جزيئات "دنا" [ADN بالفرنسية و DNA بالإنجليزية] التى تكون الكروموزومات. ولا غنى عن معرفة هذه التعليمات فى فهم الظواهر البيولوجية على المستوى الخلوى والجزيئى. على أن هذه المعرفة تمثل، بالإضافة إلى هذا، نقطة بداية تطبيقات متزايدة فى مجالات الطب والصناعات الصيدلانية، والبيوتكنولوجيات، والصناعات الزراعية الغذائية، وفى مجالات أخرى فى تداخل مباشر مع العمليات البيولوجية (الزراعة، البيئة).

وتتألف شفرة التعليمات (الشفرة الجينية) من ألفباء كيميائية من أربع علامات نيوكليوتيدات nucléotides [مكونات الخلية الحية] (أو القواعد)، ويرمز إليها بحروف G و C و A و T. ويتألف نيوكليوتيد "دنا" من تسلسل ملايين من هذه العلامات الأولية مثل قلادة من اللآلى بأربعة ألوان. وهذه الصورة للتسلسل هى

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٧ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٠ يناير ٢٠٠٠.

التي تسمح بتخزين المعلومات البيولوجية، بنفس الطريقة التي يسمح بها تعاقب الأوكتيات octets المغناطيسية بتخزين المعلومات في جهاز كمبيوتر. وبكلمات أخرى فإن "دنا" يمثل ذاكرة الكائن الحي. وللتعرف على التعليمات التي يحتوى عليها جزيء "دنا"، ينبغي أن نقرأ تعاقب علامات التسلسل (ألوان اللآلئ على طول القلادة). وهذه القراءة هي التي نسميها تحديد التسلسل<sup>(٢)</sup> séquençage وهي التي نستطيع تطبيقها على نطاق صغير (عدة آلاف من القواعد أو الحروف) منذ السبعينيات، وعلى نطاق كبير (عدة ملايين من القواعد) منذ منتصف التسعينيات.

ومنذ تعلم الإنسان قراءة تحديد تسلسل "دنا" خلال السبعينيات فإنه يحلم بأن يعرف جينومه الخاص، حتى إن كان ما يزال غير قادر على أن يعرف معنى كل التعليمات المتضمنة في هذا الجينوم. وهذا الحلم في طريقه إلى أن يصير واقعاً: منذ عدة أعوام تم بدء برنامج دولي عملاق مخصص لتحديد تسلسل الجينوم البشري في مجموعه، أي ثلاثة مليارات من القواعد. وصارت مجموعة كاملة من النتائج الناشئة عن تفسير واستعمال هذه المعطيات متوقعة خلال العقود القادمة. وسوف نستعرض أهم تلك النتائج على المستوى العلمي، والمستوى الطبي، وعلى مستوى بعض التطبيقات، دون أن ننسى أن النتائج العلمية ستكون هي ذاتها ماثلة في منشأ الغالبية الساحقة من التطبيقات الجديدة.

### النتائج العلمية

على المستوى الأكثر بساطة يجرى إحصاء التعليمات ثم البحث عن دلالة بيولوجية لكل من هذه التعليمات التي نشير إليها اليوم باسم مداخل ما بعد جينومية postgénomiques. وبالإضافة إلى هذا فإنه سيكون من المفعل إلى حد ما أن نفصل الإحصاء عن التفسير، لأن الإحصاء نفسه يمكن أن يتطلب درجة بعينها من

---

(٢) séquençage: تحديد (أو تقنية تحديد) تسلسل الأحماض الأمينية لبروتين أو قواعد پورية أو هرمية لحمض نووي. (المترجم)

التفسير. كما يجب أن يركز الإحصاء والتفسير على الأعمال التي تتناول جينومات أخرى، وبصورة خاصة الجينومات الصغيرة، التي فتحت الطريق والتي تواصل خدمة النظم الرائدة على مستوى تفسير المعطيات وفي الدراسات الأخرى ما بعد الجينومية. ولا شك في أن التفسير الذي ما يزال يشكل تحديًا كبيرًا، حتى بالنسبة للجينومات الصغيرة، سوف يشغل غالبية علماء البيولوجيا خلال عقود عديدة.

### إحصاء التعليمات

سوف يتمثل أحد الأهداف الأولى للتفسير إذن في إجراء إحصاء كامل بقدر الإمكان للجينات. ويعتمد هذا الإحصاء على مقارنة (بصورة خاصة مع جينات معروفة بالفعل لجينومات أخرى) وعلى تنبؤات يتم التوصل إليها بمساعدة برامج معلوماتية أخرى. ونظرًا لضخامة حجم المعطيات الذي سيكون متوفرًا قريبًا، يمثل هذا التحليل المعلوماتي تحديًا لم يسبق له مثيل في البيولوجيا. وسوف يزداد التحليل تعقيدًا بسبب واقع أن كتلة المعطيات سوف تزداد على مرّ الأعوام وبسبب واقع أنه لا مناص من أن تعاد مراجعتها بصورة متواصلة لأخذ المعارف الإضافية في الاعتبار. وبالإضافة إلى هذا فإن نتائج المعالجات التي تجريها البرامج القائمة لا مناص من أن تفحصها عيون خبيرة، والواقع أن هؤلاء الخبراء غائبون بشدة في أغلب البلدان، في القطاع الأكاديمي وكذلك في الشركات الخاصة. وانطلاقًا من هذه المعطيات التي جرى تحليلها، يمكن أن نقوم بمجرد لمجموع جينات أحد الأفراد.

### تفسير التعليمات

بقدر ما يعطى التحليل المعلوماتي أحيانًا معلومات عن الوظيفة، يبدأ التفسير عند هذه المرحلة. وإذا كان يمكن، بالنسبة لقسم من التعليمات، استنتاج الوظيفة من تحليلات معلوماتية فإنه، بالنسبة لأقسام أخرى عديدة من التعليمات، سوف تسمح مناهج تجريبية إضافية وحدها بالتحديد الدقيق لطبيعة التعليمات. وبالإضافة إلى هذا

فإنه حتى عندما يكون من الممكن التنبؤ بوظائف الجينات عن طريق برامج معلوماتية فإنه ينبغي إثبات صحة هذه التنبؤات عن طريق تجارب. وأخيراً فإننا نلاحظ أيضاً أن التفسير عن طريق المقارنة يمرّ في كثير من الأحيان بالحصول على معطيات عن معلومات مبرمجة إضافية.

وبصفة عامة، يبقى عمل خلية، وكائن حيّ متعدد الخلايا، غير معروف بجانبه الأكبر. وحتى إذا لم يُعطِ فهم كل تعلّمة من تعليمات (جينات) كائن حيّ صورة كاملة للظاهرة الحيوية، فإنها تمثل خطوة هائلة إلى الأمام بالقياس إلى حالة المعارف الراهنة. وبالتالي فإن دراسة دور كلّ جين مسجّل سوف تصير أحد الأهداف الرئيسية للبيولوجيا في العقود القادمة. وتجرى الآن بالفعل دراسة من هذا النوع للجينات العديدة ذات الوظيفة غير المعروفة للجينومات التي صارت معلوماتها المبرمجة الكاملة متوفرة.

وتظهر التعليمات البيولوجية التي يتضمنها جين في صورة جُزئ آخر، بروتين يقوم بتخليقه تحوّل شفرة "دنا" بفعل الآلية الخلوية للتخليق البروتيني. والبروتين هو الذي يقوم على المستوى الخلوي بتنفيذ التعليمات المتضمنة في الجين. وعلى هذا فإن التعرف على وظيفة أحد الجينات إنما هو التعرف على وظيفة البروتين. ومن أجل فهم المعلومات، يجري سلوك طريقتين رئيسيتين: يتمثل أحدهما في دراسة البروتينات التي جرى تحديد نوعها حديثاً بوجه عام في نظم مختبرية *in vitro*، ويتمثل الآخر في أن نلاحظ على الكائن العضوي (حيوان، نبات، كائن حي مجهرى) الأحوال الطبيعية لتعبير جين وكذلك تأثير تغيرات هذا الجين. وبسبب سيل الجينات المحددة النوع حديثاً، نشهد نشوء مجموعة جديدة من الاختناقات في المناهج التجريبية على مستوى الفروع العلمية الكلاسيكية للبيولوجيا: البيولوجيا البنائية، والكيمياء الحيوية، والبيولوجيا الخلوية، والفسيولوجيا، والبيولوجيا، وعلم الوراثة،.. إلخ، وكل هذه الفروع العلمية، التي استوعبت على وجه الإجمال *grosso modo* الدراسات حول البروتينات الجديدة (وجيناتها) أولاً بأول كلما جرى اكتشافها، قد أغرقها الآن تدفق عشرات المليارات

من الجينات الجديدة الناتجة عن برامج التحديد المنهجي لتسلسل الجينومات. وسوف تزداد هذه الحالة حدة في غضون الأعوام القادمة.

وإلى جانب التحدي المعلوماتي المشار إليه أعلاه، يترأى إذن تحدٍّ آخر يُعرّض مجموعات من عشرات الآلاف من التجارب للخطر. ونعلم أيضا أن التجريب المنهجي المخصص لمجموعة من الملاحظات لن يكون قادراً على أن ينجرّف نحو غير المتوقع. والواقع أن غير المتوقع وغير المنتبأ به يمثلان مصدرين رئيسيين لمعارف جديدة، كما أن الملاحظات المدققة التي تم إجراؤها على نطاق جين واحد أو ناتجه، والتي لا يتضمنها نموذج على النطاق الكبير، لا يمكن توقعها على نطاق جينوم. وفي هذا يكمن بكل وضوح إفقار لتطور البحث وانحراف كمّي من المؤسف أنه لا مفر منهما لأسباب تتعلق بالتكلفة.

### صورة شاملة

واليوم نستخدم أيضاً طرقاً جديدة تسمح في آن واحد بمعرفة مستوى نشاط كل جين في نسيج مُعطى. وتقوم هذه الأساليب بصورة خاصة على استخدام معطيات تحديد التسلسل وعلى جرد الجينات. ويمكن تطبيق هذه الطرق في مقارنة أنسجة كائن حي بعضها ببعضها الآخر، أو مقارنة مختلف الأحوال الفسيولوجية لنسيج بذاته، أو ملاحظة تأثير عقار على التعبير الجيني<sup>(٣)</sup> expression لمجموع جينات النسيج، وهكذا. وفي الوقت الراهن جرى بدء برامج جديدة في بلدان عديدة في سبيل الحصول على صورة شاملة لتعبير جينات الأنسجة السرطانية، بطاقة هوية الأورام. وتسمح هذه البرامج بتحسين تشخيصات السرطانات، وبالتمييز بينها لأورام تعتبر اليوم متماثلة، وبالتالي بالدمج بصورة أفضل بين العلاجات، وربما

---

(٣) Expression (التعبير الجيني): مجموع العمليات التي يُسجل عن طريقها جين في "رنا - الساعي" ويتجسد هذا الأخير في بروتين. (المترجم)

بالتعرف على بروتينات جديدة تكون أهدافاً لمفعول العوامل العلاجية المضادة للأورام.

### النتائج الطبية فى الپاثولوجيات النادرة

لعدد كبير من الأمراض البشرية عامل جينى (وراثى). وتأثير هذا العامل على المرض متغير. وبالنسبة لأمراض عديدة نادرة فإن تبدلاً (طفرة mutation) فى جين واحد سوف يتجلى بوجه عام بظهور مجموعة من العلامات المميزة للمرض، فى حين أنه بالنسبة لغالبية الأمراض الشائعة مثل البول السكرى، وارتفاع ضغط الدم، والأمراض العصبية-النفسية، إلخ، فإن مفعول تغيرات الجينات يُعدّله تأثير يمارسه باقى الجينوم والمحيط البيئى. وهذا هو السبب فى أننا نميز بين، من جهة، الأمراض الجينية (الوراثية) الخالصة النادرة، والمسماة أيضاً بالأمراض المندلية<sup>(٤)</sup> mendéliennes، أو بالأمراض ذات الأصل البشرى الواحد<sup>(٥)</sup> monogéniques، والتي يمكن التنبؤ بظهورها حالما نتعرف على الجين المسئول، ومن جهة أخرى الأمراض الشائعة، التى يكون أصلها متعدد العوامل، والتي بالنسبة لها لا يفضى وجود عامل استعداد لدى فرد إلى ظهور المرض بالضرورة.

### أرض صيد صارت مألوفة

بدأ عزل الجينات الأولى المسئولة عن الأمراض الوراثية بالمعنى الدقيق *stricto sensu* نحو منتصف ثمانينيات القرن العشرين، فى حين أن معارفنا عن الجينوم كانت بالغة التجزؤ. وإنما فى تلك الفترة، فى أعقاب هذه النجاحات الأولى المشجعة، أدركنا أن معرفة بالمجموع الكلى للجينوم سوف يُيسّر بصورة كبيرة تحديد أنواع الجينات الماثلة فى منشأ الأمراض الوراثية. ومن هذه الاعتبارات نبغ

---

(٤) نسبة إلى مندل Mendel (أبو علم الوراثة) وقوانينه. (المترجم)

(٥) نسبة إلى نظرية وحدة أصل الكائن البشرى monogénisme التى نشأت وفقاً لها كل الأجناس البشرية من نموذج بدائى مشترك. (المترجم)

مشروع الجينوم. وشهدت مرحلة أولى فى بداية التسعينيات إعداد خرائط مفيدة من أجل الاستدلال على الجينوم على مواقع الجينات المرضية وهى تنتقل داخل عائلات بعينها. واشتهرت الفرق الفرنسية بصورة خاصة أثناء هذه المرحلة الأولى لبرنامج الجينوم. ومن الناحية العملية تسمح الخريطة الوراثية (الجينية) التى جرى إعدادها فى جينيتون Généthon بتحديد موضع جين مرضى داخل مسافة تمثل أقل من ٠,١٪ من الجينوم. غير أنه حتى فى هذه المسافات الصغيرة جداً، ما يزال من الممكن أن يستغرق طور تحديد النوع وقتاً طويلاً وأن يكلف الفرق المشتركة فى مطاردة الجينات جهوداً هائلة.

### من المطاردة إلى الملاحقة المنهجية

على حين أننا فى الماضى كنا نلجأ إلى ترسانة بأسرها من التقنيات المملة والشائكة من أجل البحث عن الجينات، صارت تقنيات تحديد ترتيب التسلسل قادرة بصورة كافية على أن يشكل هذا النهج الآن الطريقة الأكثر فاعلية والأكثر سلامة لتحديد نوع هذه الجينات. وبصورة خاصة فإن معرفة التسلسل تسمح باختيار منهجى وقياسى للجينات المرشحة التى سيجرى بحث التحولات عليها بعد ذلك. ومن المؤكد بالتالى أن برنامج التحديد الكامل للتسلسل سيكون له تأثير كبير على البحث عن هذه الجينات المسؤولة عن الأمراض ذات الأصل البشرى الواحد. ولهذا يجب أن نتوقع تسريعاً كبيراً فى هذا الميدان، ولا مناص من أن يتم تحديد نوع غالبية جينات الأمراض المنديلية فى غضون الـ ٣ إلى ٥ أعوام المقبلة.

### ضوء جديد على الفسيوياثولوجيا

حتى إذا كانت الأمراض الوراثية المنديلية نادرة، وحتى إذا كان التأثير على الصحة العامة صغيراً، فإن اكتشاف هذه الجينات يمثل مرحلة أساسية فى فهم وظيفة جينات الجينوم البشرى والتطورات الفسيوياثولوجية physiopathology بمجموعها. ولا شك فى أن التطورات لن تكون سريعة جداً (انظر أدناه)، غير أنه



لا مناص من أن يصبّ هذا، في النهاية ، في فتح دروب الجديدة أمام علم العلاج الصيدلانيّ أو دروب أخرى، إلى جانب طريق العلاج الجيني الذي ما يزال يحبو في بداياته. وتوجد على وجه الخصوص أشكال مندلية لأمراض شائعة بعينها. ونحن نعرف كذلك بعض أنواع أمراض البول السكري، أو بعض أشكال مرض ألزهايمر Alzheimer الوراثية بكل دقة. ويمكن أن يقودنا اكتشاف الجينات المسؤولة في هذه الصور المندلية إلى توضيح جوانب أساسية لفسيولوجيا هذه الأمراض، ويسمح بالتالي، كما هو متوقع، بإنجازات في علاج الأشكال الأكثر شيوعاً وليست على وجه الدقة وراثية.

### الفائدة التشخيصية

يمثل تطور أدوات التشخيص الجزيئي إحدى النتائج المنطقية الأولى لاكتشاف جين مسئول عن مرض وراثي. ولأن هذه الپاثولوجيات نادرة فإنها ليست مسألة استخدام هذا النوع من التشخيص بطريقة منهجية. ومع هذا فإنه بين بعض السكان (سكان عاشوا في عزلة لأسباب جغرافية أو ثقافية)، يمكن أن يكون تواتر جين محدد قويا جدا ويمكن أن يصل إلى العديدين في المائة. وبين هؤلاء السكان المحددين، سيكون من الممكن إجراء تشخيص منهجي. ويمكن أن يكون هذا التشخيص قبل الولادة بالنسبة لپاثولوجيات خطيرة وسيكون بوسع الأسرة أن تقوم باختيار وقف الحمل. غير أن تشخيص "دنا" يسمح أيضا بتعزيز أو إلغاء تشخيص إكلينيكي أو بالتنبؤ بالحدوث المفاجئ لمرض يظهر متأخراً في مجرى الحياة. وعلى هذا النحو فإن اكتشاف جين المرض الدوري periodique (مرض يظهر بصورة خاصة بآلام شديدة في البطن) يعطي الطبيب الممارس وسيلة أكيدة لتمييز هذه الپاثولوجيا عن أنواع أخرى من العدوى تظهر فيها علامات مماثلة. كما أن التشخيص المبكر لهذه الپاثولوجيا نفسها يسمح بإجراء علاج طبي (كولشيسين colchicine) يحول، إذا بدأ مبكراً بما فيه الكفاية، دون مجموعة بكاملها من المضاعفات الخطيرة التي يمكن أن تؤدي إلى وفاة المريض. وسوف تتضاعف الأمثلة على هذا النوع في الأعوام القادمة.

وتتواتر طفرة خاصة في عامل التجلط في (العامل في لايدن V Leiden) لدى السكان الأوروبيين والأمريكيين الشماليين. ويتعرض المصابون لخطر متزايد بتخثر الدم. غير أن هذا الخطر المتزايد هو أيضا مرتفع للغاية لدى النساء اللاتي هن في آن معًا حاملات لهذه الطفرة ويتناولن موانع الحمل الفموية. بل يبدو حتى أنه عند هؤلاء الأشخاص يكون الخطر أكبر مع موانع الحمل من الجيل الثالث. ونرى من هذا المثل (وتوجد أمثلة أخرى) إمكانية الاستهداف الدوائي الموجه من جانب الصيدلانية الجينية pharmacogénétique والذي سوف يتوسع كلما تقدمت معارفنا في مجال قابلية التأثير الجينية بالأدوية.

### النتائج الطبية في الپاثولوجيات الشائعة

#### من الأصل البشري الواحد إلى المتعدد

ما قيل هنا بالنسبة للأمراض ذات الأصل البشري الواحد النادرة لا يمكن أن يجرى تعميمه بصورة شاملة على الأمراض الشائعة ذات الأسباب المعقدة. وعلى وجه الخصوص فإنه بسبب هذا السلوك الجيني العابر إلى هذا الحد أو ذاك، المذكور أعلاه، من الصعب أن يتم التحديد على الجينوم لمواضع جينات الاستعداد للأمراض الشائعة عن طريق مناهج وأدوات مستخدمة بالنسبة للأمراض ذات الأصل البشري الواحد. ومع هذا فعندما سوف يبدأ تحديد نوع عوامل الاستعداد، سيكون بالإمكان توقع نفس التطبيقات التشخيصية والعلاجية.

#### أسلحة أخرى لملاحقة أخرى

على حين أنه تم بالفعل تحديد نوع جينات عديدة لأمراض وراثية، لم يتم اكتشاف سوى بعض العوامل النادرة جدا للاستعداد للأمراض الشائعة. وواقع أن هذا البحث لم يتقدم إلا بصورة ضئيلة رغم الجهود الكبيرة المبذولة الآن يُبرز الصعوبات الملازمة لهذه الأعمال. وسيتم استخدام إستراتيجيات أخرى هنا. وهي لم تفض حتى الآن إلى إجابات، لأن الأدوات المطلوبة ليست متوفرة بعد بصورة حقيقية. وتعتمد هذه الأدوات على تطبيق بعض المبادئ البسيطة الموجزة أدناه.

## كل الآباء مختلفون تماما

وجينومات الأفراد الذين من نفس النوع متماثلة بصورة عامة. بل حتى يبدو أنه بين النوع البشرى توجد تباينات أقل مما عند أغلب الثدييات الأخرى. ولا شك في أن هذا ينتج عن انتشار حديث جدا للإنسان العاقل العاقل<sup>(٦)</sup> *Homo sapiens sapiens* انطلاقاً من مجموعة صغيرة من الأفراد المؤسسين. ورغم هذا التجانس البالغ داخل نوعنا، توجد اختلافات صغيرة بين الأفراد، حتى داخل الأسرة الواحدة. وعندما نقارن بين تسلسلات جينومين غير متصاهرين، نلتقى بتباين في كل القواعد الألف تقريباً. وهذه الاختلافات الصغيرة هي التي تجعلنا لا نشبه كلنا بعضنا البعض مثل الإخوة التوائم، الذين تكون لهم جينومات متماثلة بالمعنى الدقيق للكلمة. وفي حين أن الغالبية العظمى من هذه الاختلافات ليس لها أي تأثير على أداء تراثنا الجيني، يمكن لبعضها القيام بالتهئية لظهور پاثولوجيات شائعة بين نوعنا. وسيتمثل أحد الأهداف الرئيسية للأعوام القادمة في البحث، على مستوى الجينومات، عن الاختلافات الجينية التي يمكن أن تكون ماثلة في منشأ هذه القابليات.

ويمكن أن تظهر هذه الاختلافات الوراثية التي يشار إليها بمصطلح (single nucleotide polymorphism) SNP [تأثير على عمل تراثنا اللافات كلنا بعضنا البعض مثل الإخوة التوائم، الذين تكون لهم لهذه الأعمال. عة ذات الأسباب المعقّدة أشكال النيوكليوتيد الواحد] في كل المستويات الجينومية، خارج وداخل الجينات، في الجزء المشفر *codante* أو غير المشفر. وإذا تصورنا بسهولة أن تعددات لأشكال النيوكليوتيد الواحد الموجودة في الأجزاء المشفرة يمكن أن تبدل تعليمة من التعليمات الجينية، فإنه ينبغي أيضاً اعتبار أن تلك الأجزاء التي تحدث خارج المناطق المشفرة يمكن أن يكون لها تأثير على التعليمات. إن تبايناً في التسلسل داخل جين أو داخل جواره يمكن أن يفجر زيادة أو نقصاً في تعبير هذا الجين. ويمكن لتباينات في الإنترونات *introns* (أجزاء غير مشفرة) أن تؤدي إلى تبدلات في عملية

---

(٦) *Homo sapiens sapiens* أي الإنسان العاقل العاقل أو الإنسان العارف العارف وهو الإنسان الكرومانيونى أو الإنسان الحديث الذى نشأ منذ قرابة مائة ألف عام من *Homo sapiens* أي الإنسان العاقل أو العارف وهو الإنسان النياندرتالى. (المترجم)

نضج التعليمات (التي يتمثل دورها في القضاء على الجزء غير المشفر). وعلى هذا النحو نكون مدفوعين إلى أن نأخذ في اعتبارنا مجموعة بكاملها من إمكانيات تباينات التسلسلات القابلة لأن يكون لها تأثير بيولوجي، ولكن، كما أشرنا أعلاه فإن الغالبية الساحقة من تعددات أشكال النيوكليوتيدات هذه تكون بلا تأثير وظيفي.

### الأركيولوجيا الجينية

يرتكز نهج التعرف على العوامل الجينية للقابلية *prédisposition* على واقع أن بعض تباينات التسلسل النادرة التي تكون ماثلة في منشأ القابليات (الشكل ١) ظهرت بالمصادفة في قسم جينومي خاص، يتم تعريفه هو ذاته بمجموع من السمات المميزة لتعدد أشكال النيوكليوتيد SNP. ولنتصور المثل الخاص بتباين له قابلية للربو ظهر عند فرد منذ ٢٠٠٠٠ عام. إن ظاهرة الامتزاج الجيني (الشكل ٢)، التي تؤدي إلى أننا لا ننقل دفعة واحدة *en bloc* جينوم أحد الوالدين بل جينومًا مركبًا يتألف من أجزاء ناشئة إما من أحد الوالدين أو من الآخر، ستقوم، على مر الأجيال، بتضييق نطاق القسم الأصلي الذي يحتوى على بديل القابلية. وبعد أجيال عديدة، لن نتعرف إلا على تعددات أشكال النيوكليوتيد SNP التي تكون في جوار مباشر مع بديل القابلية (الشكل ٣). وعند تحليل سكان من أفراد مصابين بالربو، سيكون بوسعنا على هذا النحو أن نتعرف على أفراد يتحدرون من ذلك الفرد الذي حدث له هذا التباين الذي له قابلية للربو. وعند تحليل مجموع تعددات أشكال النيوكليوتيد SNP الذي نقله الفرد المؤسس، سيكون بوسعنا أن نتعرف حتى على من يتطابق مع تباين القابلية. وبالفعل فإن تعددات أشكال النيوكليوتيد SNP المتجاورة، بلا تأثير بيولوجي، سيكون من الممكن التعرف عليها بين السكان عامة، على حين أن التباين ذي القابلية للربو سوف يتم التعرف عليه بطريقة تفضيلية لدى المصابين بالربو. وكما أن تباينات أخرى قادرة على الحدوث فجأة في جينات أخرى يمكن أن يكون لها التأثير نفسه، فلن يكون كل السكان المصابين بالربو الذين جرت دراستهم متحدرين من هذا السلف المؤسس. وسوف يؤدي هذا بالتالي إلى تعقيد البحث.

a)

|  |    |
|--|----|
|  | 26 |
|  | 22 |
|  | 12 |
|  | 17 |
|  | 23 |

b)

|                          |     |
|--------------------------|-----|
|                          | 26  |
|                          | 22  |
|                          | 12  |
|                          | 17  |
| Allele de prédisposition | <<1 |
|                          | 23  |

## الشكل (١)

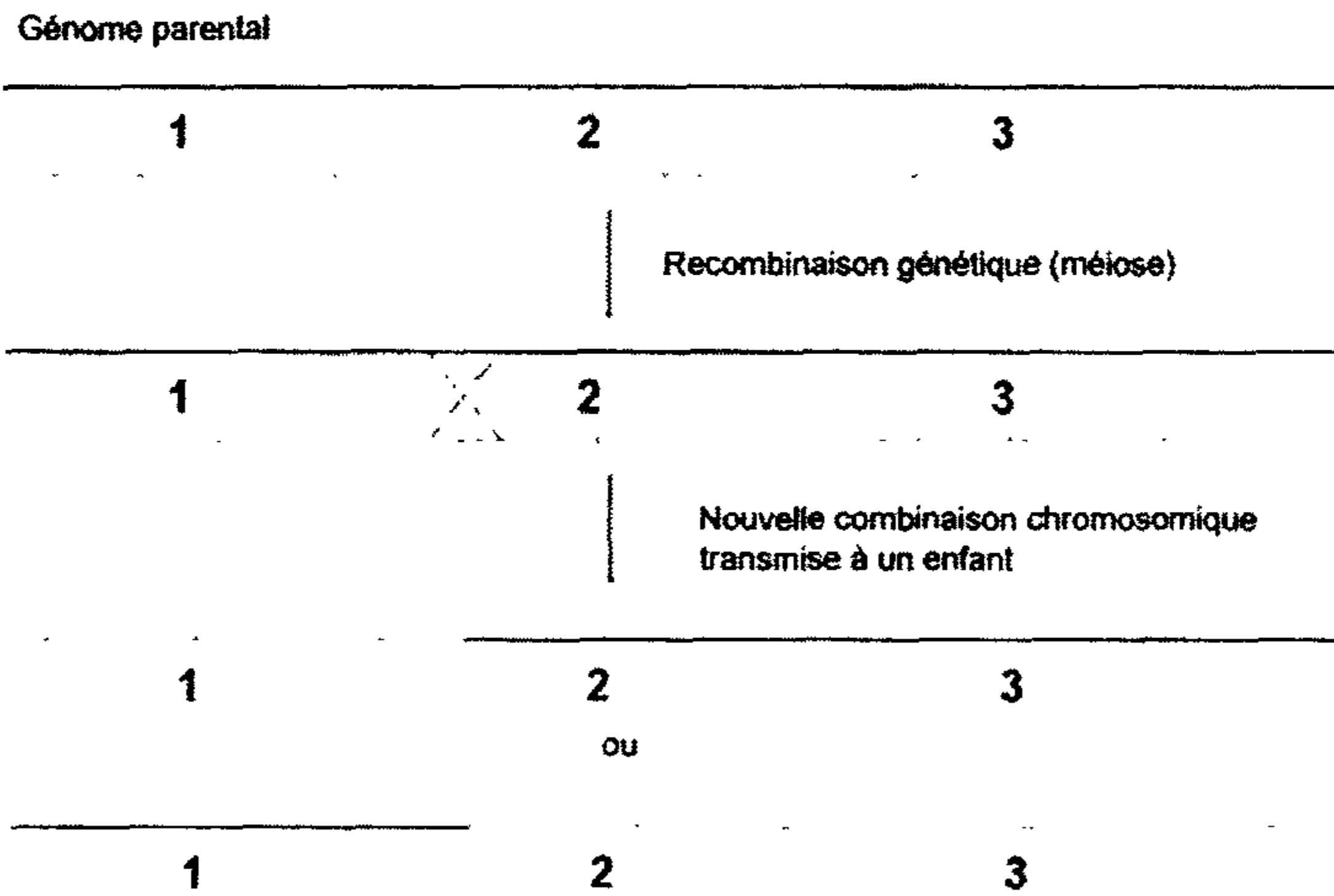
تواتر أنماط أقسام كروموزومية

في لحظة بعينها من نشوء النوع البشرى.

ظهور طفرة قابلية للربو عند نمط من هذا القسم الكروموزومى.

وحيث إن القسم الأصلى الذى حدث فيه تعديل القابلية سيكون على نطاق ضيق جدا بعد أجيال عديدة، فإنه سيكون من الضرورى غربلة الجينوم بالنسبة لعدد كبير جدا من تعدد أشكال النيوكليويتيد SNP وحتى يكون من الممكن تحقيق مثل هذا التحليل فإنه لا غنى عن أن يتم، إلى جانب تسلسل مرجع الجينوم البشرى، استخدام مجموعة كبيرة جدا من تعددات أشكال النيوكليويتيد SNP. ممثلة لإثنيات مختلفة تؤلف سكان الكوكب. وأمام ضخامة هذه المهمة، قررت عشرة من المجموعات الصيدلانية العالمية الكبرى توحيد جهودها من أجل إنشاء مجموعة بالغة الضخامة لتعدد أشكال النيوكليويتيد SNP. وسوف تبقى معطيات هذه

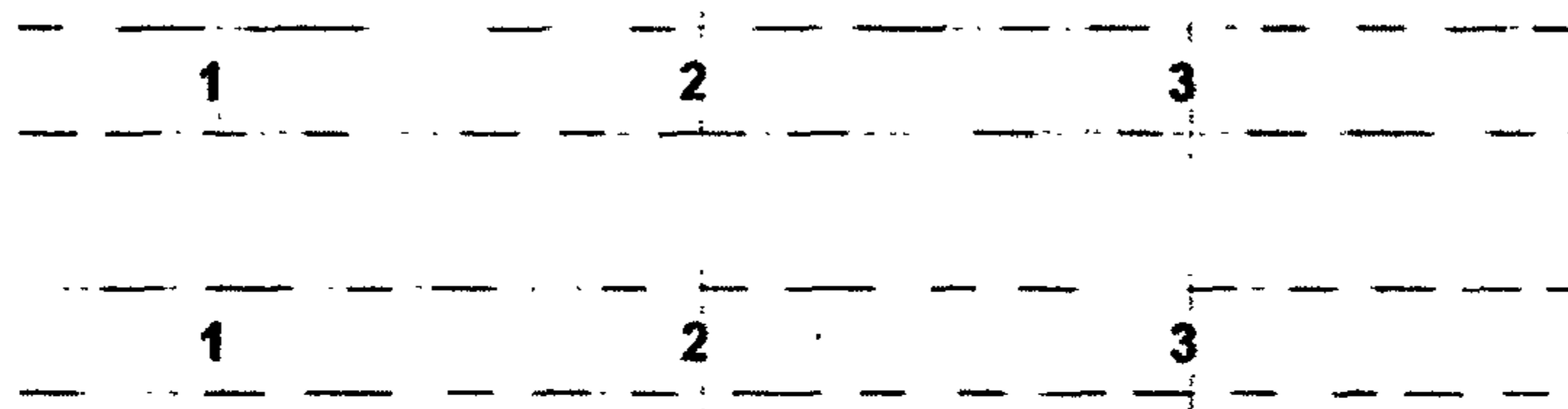
المجموعة متوفرة للجميع وسيكون من الممكن أن تستخدمها مجموعات عامة أو خاصة من أجل بحث العوامل الوراثية للقابلية.



Génome parental



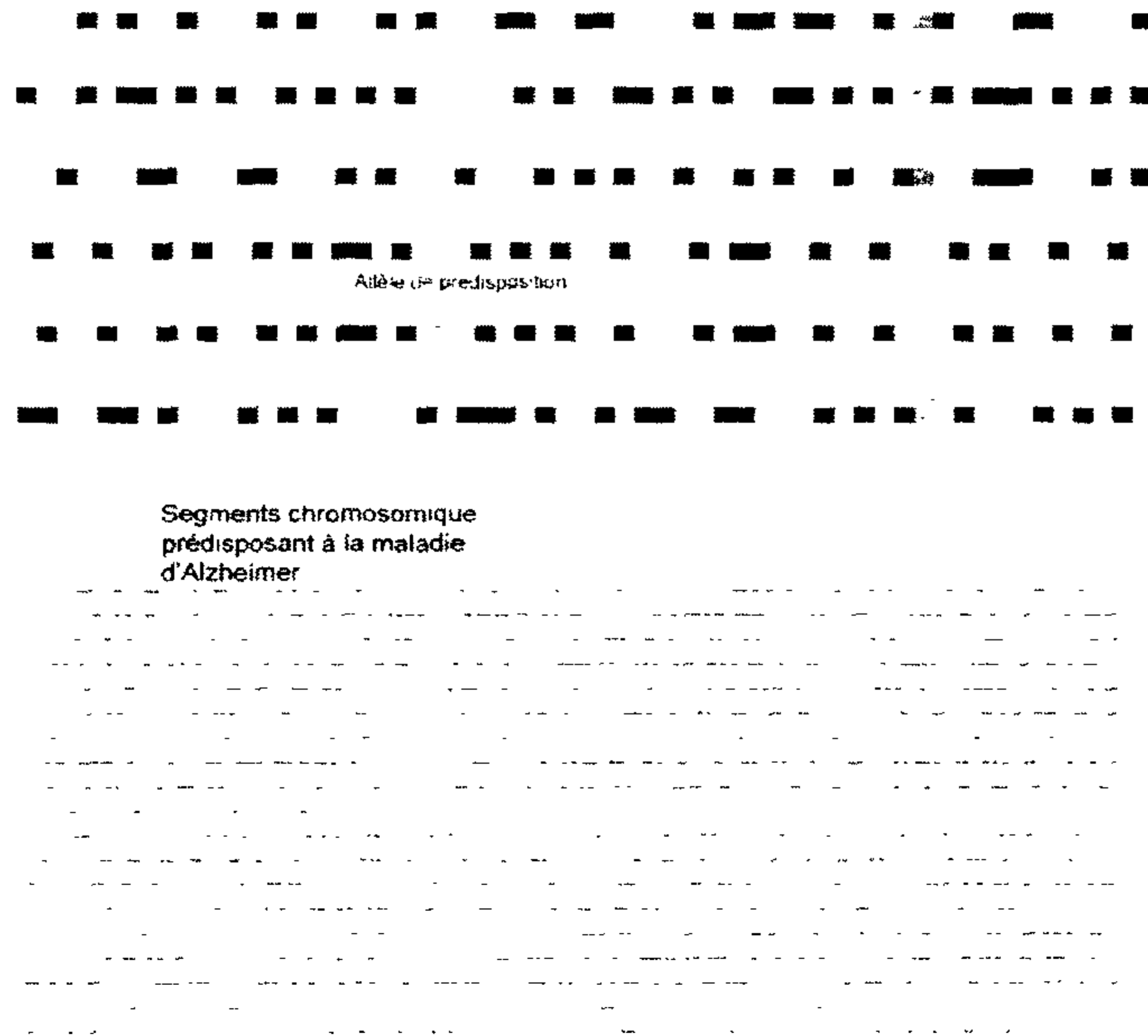
Après de nombreuses générations



الشكل (٢)

امتزاجات جينية

وبالنّالى فإن بحث التباينات الجينومية التى يمكن أن تكون سبب القابليات الوراثية سوف يتكثف خلال الأعوام القادمة. وقد جرى إعداد الإستراتيجيات. وهى تتطلب تحاليل عديدة لتعدد أشكال النيوكليوئيد SNP. على أفراد كثيرين جدا، وعلى سكان لم تجر عليهم تجارب من قبل وكذلك على جماعات المرضى. وهناك تقنيات من أجل تحقيق أعداد كبيرة من التحاليل بصورة متوازية ما تزال بسبيلها إلى التطوير وكذلك تحديد مجموعات "دنا" ناشئة عن جماعات المرضى والأفراد الذين لم تجر عليهم تجارب من قبل. ولم يجر بعد الوفاء بهذه الشروط (مجموعات تعددات أشكال النيوكليوئيد، "دنا" تقنيات التحاليل الجماعية، مناهج تحليل إحصائية). غير أن هناك إنجازات مهمة قد تحققت وسوف يفيد تحديد تسلسل كامل للجينوم كقاعدة لخريطة موسّعة إلى أقصى حدّ لتعدد أشكال النيوكليوئيد الواحد. ويمكن أن نتصور أنه بعد عامين إلى ثلاثة أعوام من الآن سيكون مجموع الأدوات متوفراً.



الشكل (٣) أقسام كروموزومية لديها قابلية للربو. ويمكن تمييز الأقسام الكروموزومية عن بعضها الآخر فى أوضاع عديدة بتباينات التسلسل (SNP).

وكل كروموزوم سلف كان له اندماج خاص  
لهذه التعددات لأشكال النيوكليوتيد SNP، يميزه عن الكروموزومات الأخرى في الفترة الفاصلة  
التي حدثت فيها طفرة القابلية.  
وتوجد فترة فاصلة في جزء مهم من الأقسام الكروموزومية عند سكان مرضى.  
وهو يأتي من السلف الذي ظهرت عليه الطفرة.  
عند الأفراد الذين ليست لديهم قابلية؛  
تحتوي الفترة الفاصلة على اندماجات أخرى  
لهذه التباينات في التسلسلات (SNP).

### طبّ على المقاس

وانطلاقاً من هنا، سيصير من الممكن إجراء تحاليل وراثية بهدف التعرف  
على جينات للقابلية. وستكون هذه الأبحاث طويلة وسوف تتدرج النتائج على أعوام  
عديدة. ومع هذا فإن النتائج الأولى يمكن الحصول عليها خلال سنوات وسوف تفيد  
في التشجيع على مواصلة السير في هذا الطريق. غير أنه ما إن يجرى تحديد هذه  
الجينات، فإنه ينبغي أيضاً تحويل هذه الاكتشافات إلى إنجازات ملموسة، وهناك  
تطبيقان متوقعان، أحدهما في ميدان التشخيص والآخر في ميدان العلاج. ولدينا في  
كثير من الأحيان الميل إلى اعتقاد أن اكتشاف جين سوف يقود بالضرورة إلى فهم  
كامل للآلية الباثولوجية وبالتالي إلى وسائل السيطرة على ظهور وتطور المرض.  
على أن الواقع مختلف تماماً. ذلك أن جين القابلية المعروف أكثر في الوقت الحالي  
هو الجين الذي يرمز للأپوليپروتين هـ Apolipoprotéine E الذي يميل نوعه  
هـ 4 E4 بطريقة بالغة الدلالة إلى مرض ألزهايمر Alzheimer، وبعد اكتشاف  
علاقة هذا الجين بثمانية أعوام، لا نعرف دائماً كيف يمكن للنوع هـ 4 E4 أن  
يستقرئ ظهور المرض. غير أنه إذا كانت المنجزات العلاجية قد تغدو الأكثر  
تباطؤاً فإن التشخيص سيكون، كما هو الحال في كثير من الأحيان، أول مستفيد من  
التطورات الجديدة في مجال تحديد أنواع الجينات.



ويمكن أيضا أن يمتد النهج المطبق في بحث العوامل الجينية للقابلية إلى بحث استعدادات التأثير بعلاجات دوائية. وهذه الأخيرة هي بالفعل مركب جيني يغدو رئيسيا في بعض الأحيان (انظر أدناه). وعلى هذا النحو سيصير من الممكن تقديم الدواء الأفضل ملائمة لپاثولوجيا محددة لمريض بعينه. وسوف يسمح هذا بالإضافة إلى ذلك باكتشاف أفراد معرضين لأخطار بالنسبة لعلاجات دوائية بعينها، متفادين منع استخدامها بالنسبة لمجموع السكان.

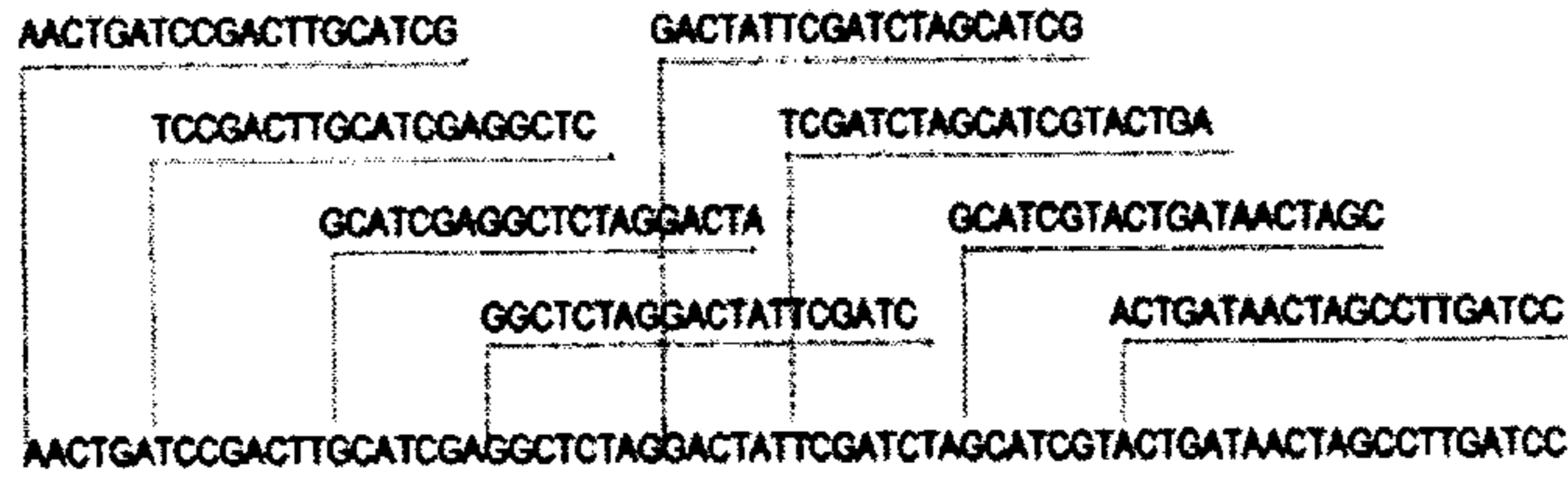
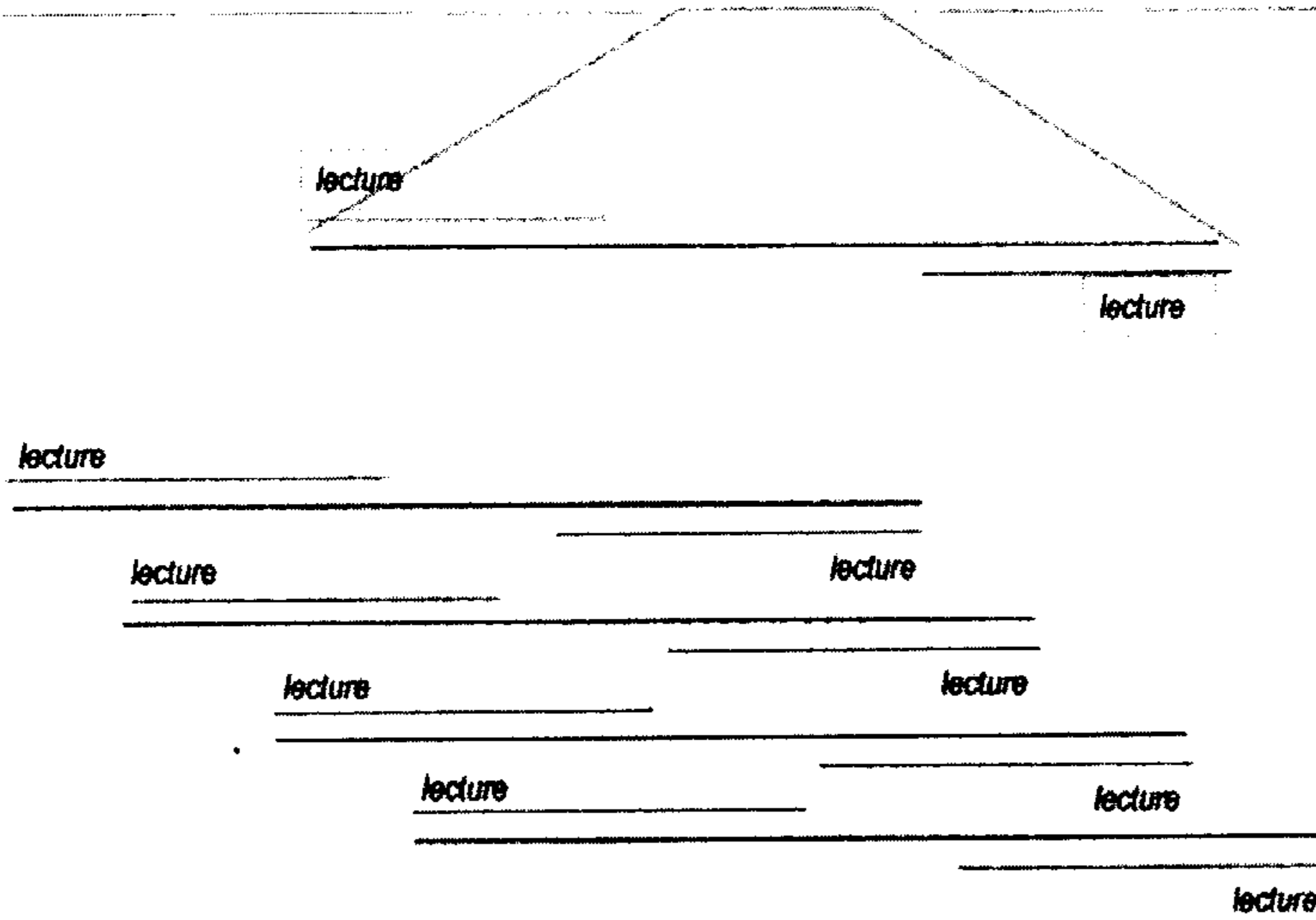
ومن المتوقع خلال العشرة أعوام إلى العشرين عاما الأولى من القرن المقبل [القرن ٢١] حدوث تغيرات جوهرية في ممارسة الطب سوف تؤثر على الوقاية من الأمراض الشائعة وتشخيصها وعلاجها على السواء. غير أن هذا له أيضا نتائج منطقية على مستوى مجتمعاتنا. ذلك أن منجزات التشخيص على وجه الخصوص سوف تفضي إلى الغربة المنهجية للسكان في سبيل بحث الأفراد الذين يتعرضون لأخطار محتملة على صحتهم. وستكون هذه المعلومات حاسمة بصورة خاصة بالنسبة للأطباء وبالنسبة لسياسة حكيمة للنفقات الصحية. ويبدو أن من الحتمي أن يتم تحليل جينوم كل فرد للوصول إلى مجموع لتعدادات أشكال النيوكليوتيد الواحد ذات الأهمية الحاسمة. وحيث إنه يمكن استخدام هذه المعلومات أيضا بصورة ضارة بالأفراد فإنه سيكون من الضروري ضمان نوع من السرية.

### كيف نحدد تسلسل الجينوم البشري؟

تقوم إستراتيجية البرنامج العام لتحديد تسلسل الجينوم البشري على تحديد تسلسل الأحماض الأمينية على أجزاء كبيرة مرتبة سلفاً (أي التي جرت إعادة تكوين تسلسلها الأصلي كما يوجد على الكروموزومات). غير أن قراءة التسلسلات (الشكل ٤) تحدث من الناحية الأساسية على أجزاء صغيرة من "دنا" (من ألف إلى ثلاثة آلاف قاعدة). وبالتالي تتمثل المرحلة الأولى من تحديد تسلسل الأحماض الأمينية في تجزئة الجزيئات الكبيرة من "دنا" إلى قطع أصغر سيتم بعد ذلك تحديد تسلسلها séquences. وسوف تدخل التجزئة تكسرات بالمصادفة. ونظراً لأننا نقوم

بتجزئة عدد كبير من نسخ الجزيء الكبير للانطلاق، فإن تسلسلات الأجزاء الصغيرة التي سنكون قد قرأناها قد تكون متراكبة. وسوف يكون بمقدورنا من هذه الأقسام المترابطة إعادة بناء تسلسل الجزء الكبير. والحقيقة أننا لا نصل إلى إعادة بنائه بكماله انطلاقاً من هذا التحديد "العشوائي" للتسلسل وحتى بالقيام بقراءة عدد كبير من الأجزاء الصغيرة، أى بالقيام بقراءات عشوائية زائدة ستة، بل حتى عشرة أمثال، فإن من المستحيل إعادة بناء الجزيئات بصورة كاملة: إذ تبقى فجوات صغيرة. ولست هذه الفجوات، فإنه لا غنى عن عمل مهم للاكتمال. ويحدث هذا بطريقة مستهدفة بتكلفة مرتفعة تقريبا مثل التحديد العشوائي للتسلسل الذي يعطى ٩٥٪ من التسلسل.

وبعد بدايات بسرعة معتدلة نحو منتصف التسعينيات، صار البرنامج العام الدولي فى الوقت الحالى فى مرحلة بالغة التسارع للغاية. ولكى يكون بمستطاع المستعملين (العلماء والصناعيين) أن يحوزوا بأسرع ما يمكن هذه المعطيات، قرر البرنامج العام (الشكل ٥) تنفيذ منتجات وسيطة، فى صورة تسلسل ناقص لكل جزء من الأجزاء الكبيرة، مما سيشكل أول مشروع متاح فى غضون ربيع عام ٢٠٠٠. وسوف تكون النسخة الثانية للعمل النهائى جاهزة نحو بداية عام ٢٠٠٠ فى حين أن النسخة النهائية تظل متوقعة فى نهاية عام ٢٠٠٣.



#### الشكل (٤)

كيف نحدد التسلسل؟

تسمح التكنولوجيا الحالية بأن نقرأ في اختبار واحد

تتابع عدة مئات إلى قرابة ألف من القواعد.

وقبل كل شيء فإن "دنا" يتجزأ إلى أقسام ذات أحجام صغيرة

من ١٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ من القواعد. وبالشروع في قراءة عدد كبير

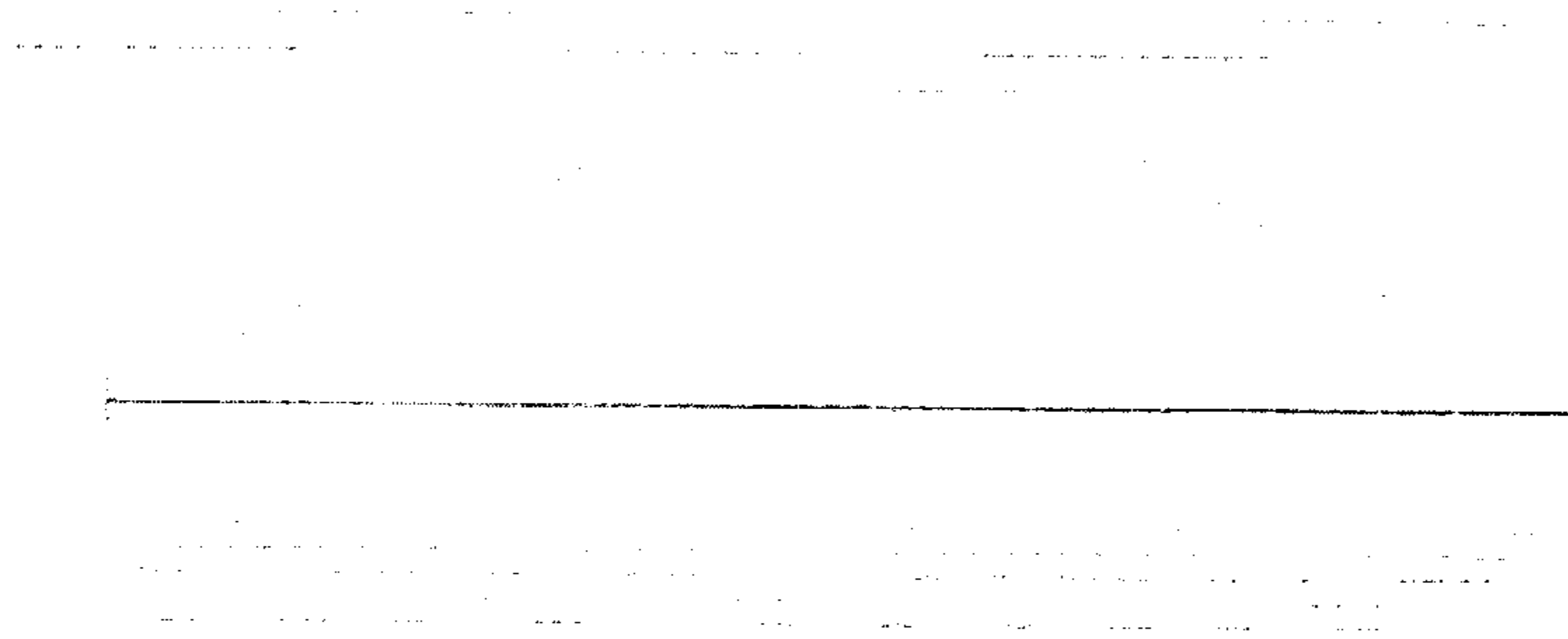
من الأجزاء ذات الحجم الصغير سنحصل على التسلسلات المستخلصة.

وعلى هذا النحو سنكون قادرين على إعادة تكوين التسلسل

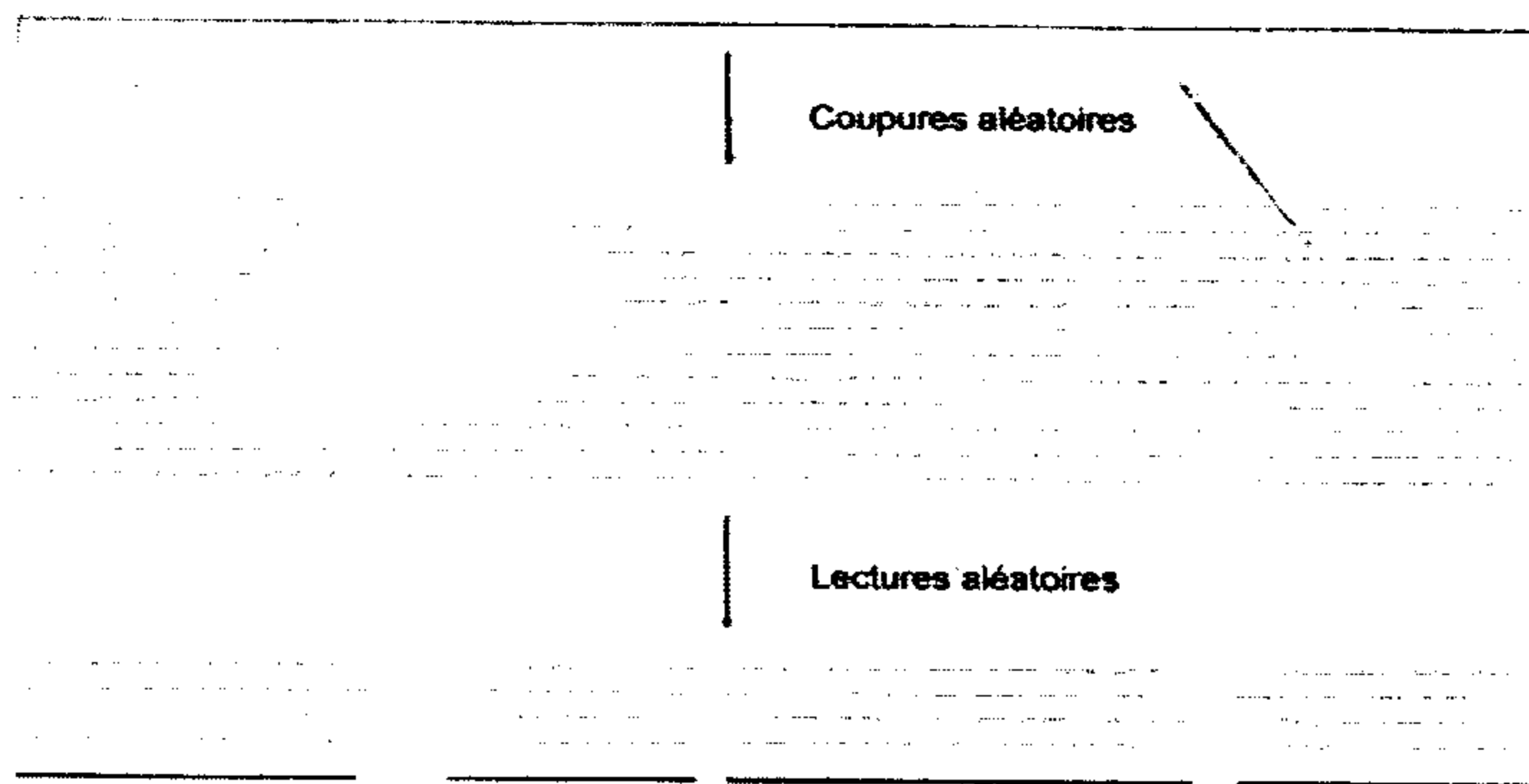
على مجموع الجزء الذي انطلقنا منه.

وحيث إن تطبيقات تسلسل الجينوم البشرى عديدة ومصادر للربح كإمكانيات  
كامنة، فإنها تثير الاهتمام بما يؤدي إلى زيادة المستثمرين الخاصين. وهذا هو  
السبب في أنه، بالتوازي مع البرنامج العام، نفذت شركة باسم "سيليرا" Celera،  
مشروعًا خاصًا أيضًا لتحديد التسلسل. ونظرًا لأن التطبيقات تمرّ قبل كل شيء  
بتفسير لتسلسل الجينوم، فإن هذه المؤسسة تتطلع أيضًا إلى أن تباع، في صورة  
الوصول إلى قاعدة بيانات، تفسيرًا لهذا التسلسل. ويرتكز التفسير في كثير من  
الأحيان على الاستخدام لمعطيات إضافية للتسلسل. ويمكن بالتالي أن يكون حاسمًا  
لشركة "سيليرا"، من أجل جذب الزبائن، أن تقوم لفترة محدودة بتكوين مجموعات  
من المعطيات التي لا توجد في المجال العام. وهذا هو السبب في أنها جهزت  
نفسها بقدرة على تحديد التسلسل متفوّقة كثيرًا على تلك الخاصة بأكبر مراكز  
المجال العام.

# Carte de fragments ordonnés et chevauchants

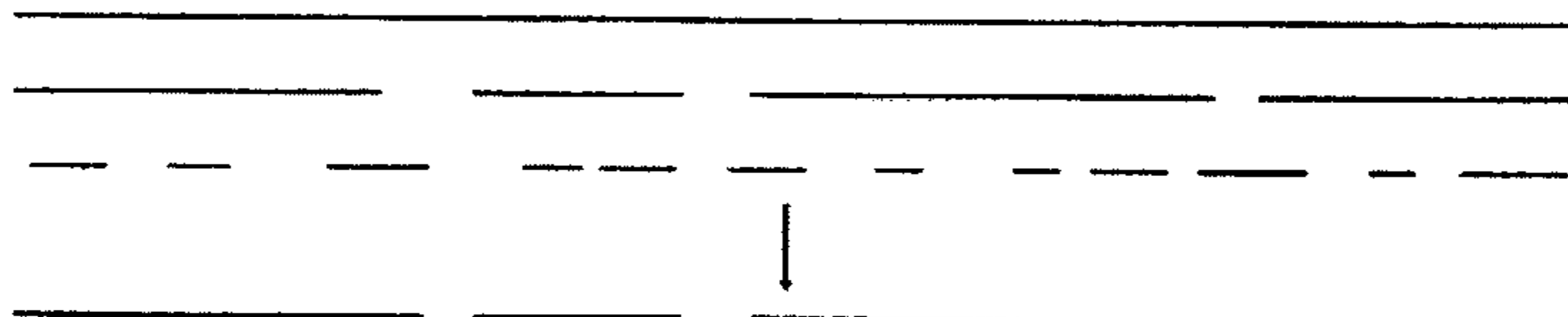


## Grand fragment d'ADN



Première ébauche (printemps 2000)

Combinaison de la première ébauche de la séquence publique et des données de la société Celera :



الشكل (٥)

مشروع الجينوم البشري.

المخطط الأول للتسلسل العام سيكون من الممكن ربطه بمعطيات شركة سيليرا.

والإستراتيجية التى تحتفظ بها هذه الشركة مختلفة جوهريا عن تلك الخاصة بالمشروع العام. وقد تمثلت فى الأصل فى المراهنة على أنها تستطيع، ليس فقط أن تقوم بإعادة التكوين واحداً فواحداً لتتابعات أجزاء كبيرة من الجينوم البشرى، حوالى مئات الآلاف أو حوالى المليون، بل أن تقوم بإعادة تكوين أجزاء مهمة مثلها عن طريق التحديد العشوائى للتسلسل لمجموع الجينوم. وهذه الإستراتيجية، التى قوبلت بكثير من التشكك، جرى فحصها بنجاح معتدل على ذبابة الخل. وقد أمكن بإعادة تكوين أجزاء، غير أن الجينوم يظل خمسة آلاف قطعة. ويبين هذا بوضوح أن هذه الإستراتيجية يمكن أن تتجح على الجينوم البشرى. غير أنه عن طريق تسريع المشروع العام من أجل إنجاز مخطط أولى، سيكون بوسع شركة "سيليرا" ببساطة أن تضيف معطياتها الخاصة إلى معطيات المشروع العام وأن تمتلك على هذا النحو لحسابها مجموعاً أكثر فائدة.

على أنه ينبغى أن نضع نصب أعيننا أن أهداف شركة "سيليرا" وأهداف المشروع العام مختلفة جوهريا. وفى الحالة الأولى، يتعلق الأمر بهدف قصير الأجل، يسعى إلى صنع مُنتج ناقص (له منفعة مغرية تجاريا فى فترة زمنية محدودة) و، فى الحالة الثانية، تكوين أداة متاحة للجميع وذات منفعة أعم بكثير.

### خلاصة

إننا اليوم أمام عصر جديد ستكون له على حياة كل فرد نتائج فى أهمية ما حدث منذ ١٠٠٠٠ عام، عندما انتشرت الزراعة بالتدريج على مجموع الكوكب. ولا شك فى أننا لسنا قادرين أكثر مما كان فى ذلك الحين على تقدير كل مخاطر هذه التغيرات التى سوف تنتج من سيطرة أكبر على الحياة *du vivant*، ولكننا على الأقل نملك الحدس بأن ما يتشكل ليس بلا عواقب. وقد قيل الكثير إلى الآن عن الكائنات الحية المعدلة جينياً (OGM) *organismes génétiquement modifiés*، عن أخطارها المحتملة، وبصورة أقل كثيراً عن تقييم صارم للمخاطر يمكن أن يكون مقبولا من جانب كافة دعاة هذه القضية.

وفى مجال الصحة، نجد أنفسنا مرة أخرى غارقين فى مفارقة تقدم المعرفة الذى جعلنا نكسب حيزاً جديداً من الحرية وفى الوقت نفسه يبين لنا أن مصيرنا الفردى محدد سلفاً تقريباً. ولكن هل توجد إجابة على هذه المعضلة وعلى الاستفسارات التى تثيرها الممارسات الطبية الصادرة عن علم الوراثة، تلك الممارسات التى سوف تترسخ بالتدريج؟ وهل يمكن أن نرفض الحصول على المعرفة، فى مجتمعات صارت فيها الصحة فى آن معاً مشكلة الجميع ومشكلة كل فرد؟ والبدئية الوحيدة التى يبدو لى أنها تفرض نفسها هى بدئية المزيد من التعليم. ذلك أن مستوى معارف مواطنينا فى البيولوجيا يجب أن يكون كافياً لكى يكون بوسع الاختيارات التى سوف ينبغى القيام بها أن تكون مبنية على معرفة الوقائع. على أن هذا أقل سهولة مما يبدو، ذلك أن البيولوجيا ليست علم الحقائق اليقينية المطلقة.

## الاستنساخ<sup>(٧)</sup>

بقلم: جان-بول رونار

Jean-Paul RENARD

ترجمة: خليل كلفت

كانت ولادة النعجة دوللى "الخبر رقم ١" فى وسائل الإعلام فى العالم بأسره. عند هذه النعجة، كانت النواة التى تحتوى على ميراثها الجينى مأخوذة من الغدة الثديية لإحدى بنات جنسها. وبعد ذلك تم نقلها وزرعها فى بويضة مأخوذة من نعجة أخرى، بويضة كان قد جرى قبل ذلك انتزاع المادة الجينية، أى الكروموزومات الأمومية، منها. لقد جرى إثبات أنه حتى الثدييات يمكن أن تتوالد عن طريق آخر غير الطريق الجنسى! ومن هنا القلق الكبير: هل سيكون من الممكن أن يُصنع فى الإنسان ما صنع فى الحيوان؟

### ما المُستنسخ؟

المستنسخ clone مجموع من الكائنات الحية المتماثلة جينيا. ومن الممكن استنساخ clonage جزيئات أو خلايا، أو كائنات حية، والمقصود كائنات حية دقيقة، من النباتات، أو الحيوانات. والاستنساخ نمط من التكاثر الطبيعى لدى أنواع عديدة. وبالتالي فإن البكتريات تستطيع أن تتكاثر عن طريق التناسل بالانقسام الشطرى scissiparité، والنباتات عن طريق غرس الفسائل bouturage أو الترقيد marcottage وفقاريات عديدة (النحلة، قمل النبات، برغوث الماء) عن طريق

---

(٧) نص المحاضرة رقم ٢٨ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٨ يناير ٢٠٠٠.



التوالد العذرى parthénogenèse. وفى كل الحالات، وعلى العكس من فكرة سائدة، فإن المستنسخ بمعنى نسخة copie مطابقة لا وجود له فى البيولوجيا: لأنه حتى إذا كانت النسختان متطابقتين جينياً، فإن الكائنين الحيين سرعان ما سوف تظهر عليهما اختلافات ترجع إلى واقع أن البيئة ستقوم بتغيير عمل الجينات.

كان هذا هو تعريف المستنسخ قبل إعلان ولادة النعجة دوللى. ومنذ ذلك الحين، طورت الدعاية التى كرسها لها المجلة العلمية Nature [الطبيعة] استعمال هذه الكلمة: وهى تستخدم الآن فى أغلب الأحيان لتسمية حيوان، جرى الحصول عليه، مهما كان فريداً، انطلاقاً من نواة خلية غير تناسلية، أى من نواة خلية جسدية somatique، مأخوذة من حيوان بالغ. وكانت دوللى فريدة حيث إن الحيوان الذى أخذت منه الخلية المانحة للنواة، الخلية التى جرى زرعها ثم الاحتفاظ بها فى حالة مجمدة، كان قد مات قبل ولادة النعجة الشهيرة بوقت طويل. غير أن دوللى سميت حيواناً "مستنسخاً" clone. ومنذ ذلك الحين ولدت ثدييات أخرى مستنسخة، وبصورة خاصة عجول ومؤخراً جداً فئران، وبعض الماعز، وبعض الخنازير. ومنذ عامين، قمنا بإنتاج بعض الفئران وذبذبة من العجول المستنسخة من سلالة هولشتاين Holstein فى مختبر INRA de Jouy-en-Josas. وبعض هذه العجول متحدرة من أنوية آتية من نفس الحيوان المانح فهى بالتالى متماثلة جينياً بشدة. ومع هذا فإن توزيع البقع السوداء والبيضاء لشعرها يختلف من فرد إلى آخر؛ وعند وضعها وسط عجول أخرى غير مستنسخة، فإننا نجد بعض المصاعب فى التعرف عليها؛ وإذا لاحظناها بانتباه أكثر، نكتشف على سبيل المثال أن سلوكها الغذائى متماثل جداً من بعض النقاط، غير أنها مختلفة جداً من نقاط أخرى. إننا بعيدون عن رؤية تبسيطية، غير أنها مختلفة جداً من نقاط أخرى. مثال أن سلوكها الغذائى ول أخرى غير مستنسخة، فإننا نجد بعض المصاعب فى للاستساخ على أنه يمثل "نسخة فوتوغرافية".

## طرق الاستنساخ

تسمح ثلاث تقنيات مختلفة بالحصول على حيوانات متماثلة جينيا: الفصل، أو القطع Section، أو نقل الأنوية.

### La dissociation الفصل

يتمثل في أخذ خلايا من "جنين" صغير السن جدا. وكلمة جنين embryo [= جنين مبكر] مستخدمة هنا باعتبارها اسماً جينيا يعنى المراحل الأولى للنمو انطلاقاً من مرحلة "خلية"، أى جنين مبكر من بيضة مخصبة، حتى مرحلة كيس البلاستولة blastocyste التى يتحقق ابتداءً منها الزرع فى رحم الأم. وفيما بعد ذلك يبدأ نمو الجنين foetus، حتى إذا كنا نحتفظ باستعمال هذه الكلمة للفترة المتأخرة أكثر التى ابتداءً منها يظهر شكل منظم (بجزء أمامى وجزء خلفى) سوف يتخذ بعد ذلك مظهراً مميزاً للنوع المعنى. وللحصول على مستنسخ clone عن طريق الفصل، فإنه لا مناص من انقسام البيضة من خلايا متحدرة إما من الخلية الأولى (خليتان)، أو من الخلية الثانية (أربع خلايا) أو، فى أكثر الأحوال، من الخلية الثالثة (ثمانى خلايا). وعن طريق إعادة وضعها إما منفردة، وإما فى مجموعة من اثنتين فى القشرة الصغيرة للجليكوبروتينات glycoprotéines التى تحيط بالبيضة، المنطقة الشفافة la zone pellucide، نحصل على كثير من الأجنة المبكرة التى يمكن بعد ذلك، كل واحد منها أو فى مجموعة من اثنتين، زرعها فى أنثى حامل. وكان قد تم الحصول بهذه الطريقة على القرد "تيترا" Tétrá، المولود مؤخراً فى مختبر أوريجون Oregon بالولايات المتحدة. وقد استطاع فريق كندى من جامعة جويلف Guelph، منذ عدة سنوات، أن ينتج أربعة عجول انطلاقاً من ثمانى خلايا من جنين مبكر، وهو ما يشكل سابقة فى سجل المآثر العلمية.

### الانشطار لجنين مبكر

يشكل مرحلة متأخرة قليلاً، عن مرحلة كيس البلاستولة (أو البلاستولة). وفى هذه المرحلة، تأتى خلايا الجنين المبكر فقط لتبدأ فى التمايز إلى نمطين

متباينين تمامًا، خلايا لن تمنح سوى المشيمة placenta، وخلايا سوف تمنح الجنين Foetus وجزءًا من المشيمة. وتبدأ المنطقة الشفافة في الانشقاق مما يسمح بزرع كيس البلاستولة. وإذا قمنا بقطع كيس البلاستولة هذا إلى قسمين، مع العناية بالتوزيع بصورة متساوية تقريبًا للنمطين الخلويين اللذين يمكن التمييز بينهما بسهولة، فإنه يمكننا الحصول على توأمين. ومن جهة أخرى فإن هذا هو ما يحدث في الطبيعة، ولكن بصورة عرضية جدا عندما يجد الجنين المبكر أنه مؤقتًا في لحظة الإفلات من المنطقة الشفافة، حيث تعرقله فتحة يتبين أنها ضيقة للغاية بصورة مفاجئة. هذا هو الأصل، لدى الإنسان، للتوائم الحقيقيين، أى المتحدرين من نفس البويضة. وهذا لا يصيبهم بأى أذى سوى القول — إذا تحدثنا من الناحية البيولوجية — بأن التوائم الحقيقيين إنما هم مستسخون بالفعل! ومنذ عدة أعوام، كنا نعتمد على ملاحظات من أجل إنتاج توائم بقرية عن طريق انشقاق كيس البلاستولة؛ هذه التقنية التى اتضح أنها بالغة الكفاءة حيث إن نصف الأبقار الحبلية بعد نقل نصفى جنين كانت تلد توائم! غير أن قطع كيس البلاستولة إلى أربعة أقسام سرعان ما أظهر عيب هذه التقنية، نظرًا لأن الأقسام الأربعة من الخلايا كانت بالتالى أصغر من أن يمكن لكل قسم منها إصلاح كيس البلاستولة القادر بعد ذلك على مواصلة النمو.

### نقل النواة

يتمثل فى أن توضع على اتصال ببويضة مستأصلة النواة (بدون كروموزومات أمومية) خلية مصدرها نسيج متمايز بالفعل، تحتوى بالتالى على المجموعتين الجذعيتين (السلاليتين) deux stocks من الكروموزومات الوالدية. وفى الممارسة العملية نستخدم بويضات متحدرة من إناث مختلفة لا نحفظ منها إلا بالسيتوبلازم؛ وعلى هذا النحو، ففي حالة البقرة، يمكن أن تكون هذه البويضات متقوبة مباشرة داخل أكياس المبايض المستعادة فى مسالخ، مما يسمح بالتخلص بسرعة بالغة من عدة دزينات من السيتوبلازومات المتلقية للأنوية. ونحن نلجأ إلى

طرق مختلفة للتأكد من أن نواة الخلية المانحة تعود إلى الخلية المتلقية. وتتمثل إحدى مراحل هذه العملية الدقيقة في دمج غشاء الخلية المانحة للنواة بغشاء البويضة. ومن أجل هذا نستخدم نبضة كهربائية قصيرة لا تستغرق سوى بضع ميكروثانيات ولكن تكفى لتؤدي إلى الاختلال بصورة مؤقتة جدا للغشائين والسماح في آن معاً بدمجهما وتنشيط البويضة، أي انطلاق التعديلات الكيميائية التي ستقود إلى تحقيق الانقسام. وبالتالي يمكن أن يبدأ نمو "البويضة المعاد تكوينها". ومزروعاً في أمّ حامل، سيكون العجل الذي نحصل عليه متماثلاً جينياً مع البقرة المانحة للنواة، سواء أكان الأمر يتعلق بخلية غدة ثديية، كما كان الحال مع دوللي في فبراير ١٩٩٧، أو يتعلق بعضلة مثلما كان الحال مع البقرة مارجريت Marguerite المولودة في إنرا INRA في فبراير ١٩٩٨. ودور سيتوبلازم البويضة يستحق هنا التشديد لأنه هو الذي سوف يعيد تنظيم النواة لجعلها تستعيد حالة جنينية مبكرة. وهذه القدرة المدهشة مازال بعيدة عن أن تكون مفهومة: إننا نعرف فقط أن البويضة خلية خاصة تماماً تحتوى على عدة ملايين من الجزيئات المصنوعة في مجرى تكوين البويضات ovogenèse، أي أثناء هذه الفترة الطويلة التي تبدأ منذ الحياة الجنينية للأنثى بعد أن تكون الغدة التناسلية قد تمايزت. وهذه الجزيئات لا غنى عنها في السيطرة على الانقسامات الأولى للبويضة لأن النواة في تلك اللحظة عاجزة في حد ذاتها عن كل نشاط تخليقي. ولكنها لا تصير نشيطة حقاً إلا بالتدريج وبعد أن يكون سيتوبلازم البويضة قد أعاد تنظيمها بصورة أساسية. وهذه التبادلات الأولى بين النواة والسيتوبلازم حاسمان لمواصلة النمو. ونبدأ في إدراك أنهما يمكن أن يؤثرًا على عمل الجينات التي لا تظهر على مستوى الميراث الجيني إلا فيما بعد في مجرى تخلق الجنين embryogenèse. ونشك حتى في أن هذه الآثار يمكن الإحساس بها بعد الولادة! وفضلاً عن هذا فإن سيتوبلازم البويضة غنى بهذه المكونات المتميزة organites للخلايا والتي تتمثل في الميتوكوندريات (السبحيات) mitochondries التي تلعب دوراً أساسياً في السيطرة على الأيض (التحول الغذائي) métabolisme الخلوي. وتملك الميتوكوندريات "دنا" الخاص بها

الذى لن يكون من الممكن استخدامه إلا بعد انقسامات عديدة، قبل مرحلة كيس البلاستولة بقليل. وفي تفاعل interaction مع "دنا" النواة. وبالتالي ينبغي أن يكون بوسع "حوار" بناء أن يقوم بسرعة بين سيتوبلازم البويضة والنواة المانحة حتى إذا كانت هذه الأخيرة قد خدعت، إن جاز القول، السيتوبلازم المبرمج لدى الثدييات من أجل تلقى خلية تناسلية ذكرية لحيوانات جنسية spermatozöde. والحقيقة أن فهم الطريقة التي تفقد بها النواة تمايزها على هذا النحو فى نواة جنينية embryonnaire يشكل المسألة الأساسية للبيولوجيا التي يطرحها الاستنساخ.

### التقنية، العلم: العلم التقنى والاستنساخ

مهما كان النوع الذى يجرى بحثه، فإن مردود تقنية نقل النواة هزيل: ١ إلى ٣٪ فقط من الأجنة المعاد تكوينها reconstitutes تنمو حتى النهاية فى حين أنه بعد التخصيب فى المختبر، يكون هذا المعدل حوالى ٥٠٪. صحيح أننا لم نستغرق سوى القليل جدا من المدى الزمنى، ثلاثة أعوام بالكاد، إلا أن هذا المردود الهزيل يمثل واقعا أيضا فيما يتعلق بالضفدعة حيث حاول باحثون خلال أعوام عديدة، دون نجاح، الحصول على حيوان بالغ (يتجاوز مرحلة اليرقة) انطلاقاً من نواة خلية جسدية هى نفسها مأخوذة من حيوان بالغ آخر. وتشير المعطيات التى يبدأ نشرها إلى أن الفعالية تنقص عندما تكون النواة آتية من نفس النمط الخلوى (على سبيل المثال خلية مغزلية fibroblaste) مأخوذة من حيوان بالغ بالمقارنة من جنين foetus دون أن يكون بوسعنا أن نعرف على الفور ما إذا كان هذا الاختلاف يرجع إلى واقع أن الجانب الأكبر من الأنوية المانحة حاملة لتشوهات جينية بعد أخذها من الحيوان البالغ أم أن الأمر يتعلق بقدرة أقل ضخامة على معاناة التغيرات التى يفرضها سيتوبلازم البويضة. وإذا استخدمنا أنوية الخلايا الجنينية (المأخوذة قبل النقل والزرع مباشرة) فإن الفعالية تكون أكثر ارتفاعاً ويكون بوسعنا الحصول (لدى فرد من تحت فصيلة البقریات le bovin) فى المتوسط على عشرة عجول لكل مائة جنين مبكر معاد التكوين. غير أنه يبدو أن عمر الحيوان البالغ لا يكاد

يؤثر في النتائج. وتتمثل ملاحظة أخرى في أنه في كل الحالات، وعلى العكس مما يحدث في الشروط الطبيعية للتكاثر مثلما يحدث بعد التلقيح الصناعي أو التخصيب في المختبر يكون معدل الإجهاضات المتأخرة مرتفعاً، إلى حد ما وكأن الفلتر الذي يشكله النقل والزرع يعمل أقل مما يكفي للأجنة المبكرة المستنسخة. ومن الجلي أن الأسباب متعددة وعندما نرى أبعد فإنها ليست جينية فقط.

وإلى يومنا هذا، وُلد في العالم حوالي مائة وخمسين عجلاً مستنسخاً، وقرابة أربعين نعجة، وأقل من عشرين من الماعز، وبضعة خنازير... وهذا قليل بالقياس إلى خمسة مليارات من العجول المولودة عن طريق التلقيح الصناعي منذ ١٩٥٠، أو مليونين من العجول المولودة بعد نقل الأجنة المبكرة منذ ١٩٧٥، أو مئات الآلاف المتحدرة من التخصيبات المعملية منذ ١٩٨٨! ومن الغريب أن أوائل الفئران المستنسخة لم يتم الحصول عليها إلا بعد عامين تقريباً من ولادة النعجة دوللي، وهذا رغم الجهود العديدة التي بذلتها فرق عديدة خلال قرابة عشرين عاماً. وكانت هذه الإخفاقات تؤدي إلى النظر إلى الاستنساخ على أنه "مستحيل بيولوجياً" لدى الثدييات! واليوم، ماتزال النجاحات مع هذا النوع قليلة العدد. غير أنه لا مناص من أن يتغير الموقف: من خلال الرهان في آن واحد على الشروط التقنية لإعادة تكوين الجنين المبكر وعلى تكوين وسط الزرع قبل النقل إلى أنثى متلقية، أوضحنا للتو أنه كان بوسعنا الحصول على معدل أكثر ارتفاعاً للنقل والزرع، وأن الوفيات الجنينية المتأخرة كانت بصورة خاصة مسئولة عن المردود الهزيل. وبالمقابل فإن الفئران القليلة التي جرى الحصول عليها سوية فسيولوجياً ويمكنها أن تتكاثر بصورة سوية.

وبالتالي تبدأ الحيوانات المستنسخة في أن تولد في المعامل وهي تجبر على التأكيد التالي: المستنسخ حيوان سرعان ما تقوم سلسلة نسبه بتشويش المعالم التي ألفناها. وعن طريق الاستنساخ، يمكن أن تكون لحيوان مانح للنواة حيوانات مستنسخة عديدة ذات أعمار مختلفة يمكن أن تستمد منها مستنسخات من المستنسخات في حالة تكرار إجراء نقل الأنوية انطلاقاً من خلايا مأخوذة من حيوان هو نفسه متحدر من الاستنساخ. ويمكن أن تكون لأنثى مستنسخة خمس

أمهات: "الأم" المانحة للنواة؛ الأم التي منحت السيتوبلازم المتلقى؛ الأم الحامل؛ الأم المرضعة (ونحن نلجأ كثيراً إلى هذه الأم لأن الأمهات الحاملات التي كنا نستخدمها إنما هي أبقار من سلالة شاروليز Charolaise الأقل جودة كمرضعات من سلالة هولشتاين Holstein؛ ... الأم الجينية، أي الأم التي ولدت الأم الحامل للنواة محولة إياها إلى جينات؛ ولهذا الحيوان المانح للنواة في كل الحالات أب وأخ، الأب الجيني، الذي لا غنى عنه لدى الحيوان الثديي حيث لا يكون التوالد العذري parthénogenèse (أي النمو حتى النهاية لبويضة منشطة بدون تخصيب) ممكناً. وإذا كان هذا المستسخ ذكراً، فإنه يكون له أب ثان، هو مانح النواة، وحتى أربع أمهات. وبالنسبة للمستسخات من مستسخات، فإن جدتها المانحة للأنوية تكون أيضاً أختها الجينية (نفس الأب ونفس الأم) وتكون الأعضاء الأخرى في المجموعة الأولى المتجانسة من المستسخات في آن واحد عماتها أو خالاتها (أو أعمامها أو أخوالها) وأخواتها (أو إخوتها). وقد قمنا لغايات تجريبية بتكوين مثل هذه القبيلة من عشرة أبقار في إنرا INRA: إن تحديد نسق للتماثل من أجل هذه الحيوانات ليس مهمة ضئيلة!

### التكوين Genese والنمو بالتمايز المتعاقب Epigenese:

#### الاستنساخ، أداة من أجل البحث الأساسي

الاستنساخ قبل كل شيء أداة جديدة من أجل أحد الموضوعات الكبرى للبحث الأساسي: موضوع التمايز الخلوي. وكلما تشكلت الأنسجة، تخصص الخلايا في وظائف مختلفة؛ وفي أنسجة عديدة جداً، نجد خلايا قادرة — وهي تنقسم — على أن تمنح في آن معاً خلية متماثلة للخلية نفسها وخلية أخرى متميزة: هذه الخلايا المتعددة القدرات تسمى أيضاً خلايا جزعية souches. وتحول خلية جزعية إلى خلية متميزة يخضع لآلية محكومة يجدر بنا أن نفهمها. والواقع أن اختلال هذا التقسيم يحدث ما يجرى عندما تتكاثر خلايا بطريقة فوضوية وتصير سرطانية. وقد يقودنا أن نفهم بنقل الأنوية كيف يمكن أن تعود خلية إن جاز القول إلى الوراء

معدلة برنامج النمو الذى جعله ينتقل من حالة البيضة إلى حالة الخلية المتميزة إلى إحاطة أشمل بالشروط التى تدعو خلية إلى أن تصبح ورمية tumorale. وينقل الأنوية، تستعيد الخلية المندمجة مع سيتوبلازم البويضة حالة كلية القدرة totipotent، أى حالة تسمح لها، لها وحدها فقط، بأن تعيد منح كل خلايا الكائن العضوى. وهذه الحالة تعيد منح قوة جديدة للخلايا. هذا ما تبينه التجربة التالية التى جرى القيام بها على البقرة. وهى تتمثل، فى المحل الأول، فى زرع خلايا مأخوذة من حيوان، على سبيل المثال، خلايا مغزلية تنقسم عددًا معينًا من المرات، حوالى ثلاثين إلى خمسين مرة، قبل أن تعاود الدخول فى حالة من الشيخوخة؛ وفى المحل الثانى، ننتج عن طريق الاستنساخ جنينًا انطلاقًا من نواة هذه الخلايا ونزرع من جديد هذه الخلايا المغزلية: نلاحظ أن هذه الأخيرة يمكن عندئذ أن تنقسم من جديد عددًا من المرات مثل عددها عند الزرع الأول؛ وربما حتى أكثر!

هذه الفتوة الخلوية الملحوظة فى الزرع أيقظت حلم الخلود الذى يستدعيه الاستنساخ على حين أنه منذ شهور قليلة سابقة، ولكن بمعنى مناقض، كنا نؤكد أن النعجة دوللى تشيخ بسرعة أكبر من عمرها لأن بعض مناطق كروموزوماتها، نهاياتها أو أطرافها الطبيعية القصوى (التي تلعب دورًا أساسيًا فى إبقاء عدد الكروموزومات طبيعياً عند كل انقسام)، كانت شبيهة جداً بمناطق كروموزومات الحيوان المانح للأنوية الذى كان عمره ستة أعوام أكثر منها بحيوان عمره عامان! وفى هاتين الحالتين، كان التعميم الاستقرارى بسرعة من الخلية المزروعة إلى الحيوان الحى، مع نسيان دمج كل تعقيد الضوابط التى تسمح لكائن عضوى معقد بأن يوجد: إننا نجد دون شك أن عمر شرايينه أطول من عمر مناطق كروموزوماته، وبالفعل فإن لدى النعجة دوللى والحيوانات المستنسخة الأخرى العمر الفسيولوجى الذى يتوافق مع ولادتها! وإلى يومنا هذا فإن بعض الأنماط الخلوية فقط جرى استخدامها كمصادر للأنوية. ولا أحد بينها توافق مع خلايا قبل أن تكون قد بلغت مرحلة نهائية من التمايز فى الكائن الحى in vivo. ومع هذا فقد تكون دراسة تعديلات نواة هذه الخلايا بعد الاستنساخ بالغة القيمة فى فهم كيف يمكن أن



تملى البيئة الخلوية على خلية ما الشروط التى تصب فى ارتباطها بالقيام بوظيفة متخصصة، كما هو الحال على سبيل المثال مع خلايا عصبية neuronales أو أيضا الخلايا الكيراتينية kératinocytes التى تشكل سطح بشرتنا.

ويسمح الاستنساخ أيضا بالتصدى لمسائل أساسية جديدة. وهذا هو الحال على سبيل المثال مع المسألة التى تتعلق بالدور المهم، ولكن المهمل إلى يومنا هذا: مسألة الجنين المبكر embryon فى النمو الجنينى الأنضج foetal ونمو الصغير بعد الولادة. والبيئة مأخوذة هنا بمعنى واسع جدا لأن الأمر يمكن أن يتعلق ببيئة النواة مع سيتوبلازم البويضة، أو ببيئة الجنين المبكر المستنسخ مع وسط زرعته، أو ما يشكل البيئة الرحمية فى مجرى الحياة الجنينية الأنضج. ويبين الاستنساخ أن هذا التشكل بالتمايز المتعاقب épigenèse، أى مجموع الآليات التى تفرض نفسها على الآليات التى يحددها "دنا" والتى تؤثر فى سمة مميزة، يعمل فى الواقع منذ المراحل الأولى للنمو. وقد تجلى تأثير البيئة فى الأجل الطويل على نشاط النواة بطريقة مذهلة مع اثنتين من أبقارنا المستنسخة وكانت إحداها البقرة مارجريت، المولودة فى الواقع بصورة طبيعية بعد استنساخ جسدى. وبعد شهرين من ولادتهما، ولنفرض فى لحظة الفطام sevrage لم يكن باستطاعة هذين الحيوانين تنشيط جهازهما المناعى وماتا بعد أيام من عدوى ممتدة مع غرغرينا سريعة جدا؛ وأظهر التشريح أن كل الوظائف كانت قد تطورت بصورة سوية باستثناء الوظيفة المناعية، نظرا لأن الغدة الصعترية (= التيموسية) thymus لم تكن قد صارت ناضجة. ولم يكن من الممكن اكتشاف أى تشويه جينى فى الأنسجة، وكان بوسعنا أن نستخلص أن هذا الاختلال الفسيولوجى وجد منشأه فى نقل النواة الذى لم يستطع مع هذا أن يمنع تكوين وظائف أخرى للكائن الحى. ويبدأ الآن توثيق مظاهر متأخرة أخرى للاستنساخ: الكائنات الحية المستنسخة متحدره من خلايا جسدية متميزة تكون، عند الولادة، أثقل فى المتوسط من العجول المولودة بعد التلقيح الصناعى (٦ كجم فى المتوسط)، و ٢٠ إلى ٣٠٪ من بينها يزيد وزنها بمقدار ١٠ إلى ٢٥ كجم مع مظاهر ذات نمط سكرى diabétique وتشوهات قلبية-وعائية.

ويبدو أن هذه الاختلالات الوظيفية ناتجة عن واقع أن الأجنة المستنسخة تتميز، بالمقارنة مع الأجنة العادية، بنمو يبدو أنه يتزامن بصعوبة مع تباينات الإمدادات الغذائية في وسط رَحِمِيّ. وأعمال إيقاف التزامن désynchronisations هذه ملحوظة أيضا بعد التكاثر العادي، ولكن بتكرار ضعيف، عندما تكون تغذية الأم سيئة التكيف مع حاجات الجنين المبكر. ويتبين أن المستنسخات البقرية نماذج جيدة من أجل أن نفهم بصورة أفضل الأصل الجنيني المبكر (وليس الجنيني فقط) للفسيولوجيات السائدة في نوعنا نحن.

ولأن الاستنساخ ينشأ في وقت واحد من فصل dissociation بين نواة وسيتوبلازم، ومن تضاعف للكائنات العضوية المتماثلة جينيا، فإنه يجعل أيضا من الممكن دراسة الدور النوعي للجينات النووية في تكوين وتحقيق السمات المميزة المعقدة مثل مقاومة بعض الأمراض، أو السلوك، أو الشيخوخة، وبالتالي فإن استخدام العديد من الحيوانات المتماثلة جينيا يسمح بالتمييز بصورة أفضل في السمات المميزة لحيوان بين ما يرجع إلى جيناته وما يرجع إلى البيئة؛ وبكلمات أخرى، ما هو الجانب الفطري وما هو الجانب المكتسب. كما ينبغي أن يسمح الاستنساخ بتحديد أهمية الميراث الميتوكوندريالي (المستحي) mitochondrial الأمومي وبالتعرف على الوظائف التي يمارسها سيتوبلازم البويضة في مجرى النمو. وتبين تجارب عديدة أن الاندماج بين خلية جسمية من نوع وسيتوبلازم بويضة مستأصلة النواة من نوع آخر يسمح بتكوين جنين مبكر قادر على التمايز في كيس البلاستولة. والواقع أن سلالات الخلايا الجنينية المبكرة يمكن تكوينها حتى بعد زرع أجنة مبكرة خيالية نعجة/بقرة، أو قرد/بقرة! ومعرفة ما إذا كانت مثل هذه الأجنة المبكرة يمكن أن تزرع أم لا، تعنى الفهم بصورة أفضل لما يشكل خصوصية نوع، واكتشاف أن تراكيوب نيوكليوسيتوبلازمية nucléocytoplasmiques بعينها ربما ستكون قابلة للحياة تمامًا.

## متشابهة، مختلفة: فيم تفيد الحيوانات المستنسخة؟

لن تتعلق التطبيقات الأولى للاستنساخ بالحصول على أعداد كبيرة من الحيوانات المستأنسة المتماثلة جينياً، مع تهديد إفقار في الأعداد الحيوانية كما أشار بعضهم بمجرد الإعلان عن ميلاد النعجة دوللي، بقدر ما سوف تتعلق باستخدام ومساعدة المحافظة على التنوع الجيني. ولا تعدو المفارقة أن تكون ظاهرية وهي تبين على كل حال أن المخاوف الأولى ليست مبررة للغاية.

والأفق الأول للاستنساخ هو أن يصير أداة لتحويل الحيوانات عن طريق تقنية نقل الجينات الحيوانية *la transgénèse animale*. ولهذا سببان. يتعلق الأول بفعالية تقنية نقل الجينات. وتبين نجاحات أولى متحققة لدى النعجة، أو الماعز، أو البقرة، ميزة نقل الأنوية بالقياس إلى الحقن المجهرى *micro-injection* لـ"دنا" بصورة مباشرة إلى داخل البويضة (في طور خلية). وهذه التقنية مستخدمة منذ أعوام عديدة من أجل الحصول على اندماج تسلسل "دنا" غريب (أجنبي) *étranger* داخل نواة مضيفة. وتسمح تقنية نقل الجينات بإنتاج جزيئات معقدة باستخدام هذا المحوّل البيولوجي *biotransformateur* العالى الكفاءة وهو الضرع وستكون إمكانيات عديدة لهذا النهج مطورة في محاضرة لـ م. أودبين *L.-M.Houdebine* وبالتالي فإنه لا مناص من أن يسهم الاستنساخ في خفض تكلفة إنتاج جزيئات معقدة ذات فائدة صيدلانية من أجل الحصول على جزيئات ذات قيمة مضافة مرتفعة (على سبيل المثال مثل العامل IX الذى يتدخل في عملية تجلط الدم)، أو الأجسام المضادة *anticorps* التى يمكن استخدامها بالتالى بصورة أوسع كثيراً لغايات تتعلق بالتشخيص. وهذا ما يوضحه العجل "لوسيفر" *Lucifer*، المولود فى يوليو ١٩٩٨ فى إنرا *INRA*. وفى هذه التجربة، قمنا بمقارنة فعالية الحقن المجهرى لجين غريب (*transgène* أجنبي) مع فعالية نقل أنوية خلايا جسدية محولة جينياً. وكان علينا أن نحقن أكثر من ألفين ومائة من الأجنة المبكرة فى طور "خلية" للحصول على جنين ناضج محوّل جينياً على حين أن نقل عشرين من

أكياس البلاستولة، تم الحصول عليها انطلاقاً فقط من مائة وخمسة وسبعين جنينا معادة التكوين كل منها بنواة محولة جينيا، كان كافياً للحصول على "لوسيفر" مع تكلفة أقل ثلاثة إلى خمسة أمثال من تكلفة الحقن المجهرى. وهذا العجل حامل لجين مماثل لذلك الذى عند الحُباحب le ver luisant، الذى تم إنتاجه من الضوء: لوسيفيراز la luciférase وقد تم صنعه بحيث يظهر الجين على مستوى الميراث الجينى فى كل الخلايا، ولكن فقط بعد إجهاد شديد. وعلى هذا النحو يكون لدينا حيوان نموذجى يمكن أن نقيس عليه بكل دقة حالة الإجهاد الشديد وهذا بطريقة غير هجومية لأنه يكفى أخذ عدة خلايا من الغشاء المخاطى الفمى على سبيل المثال لإجراء الاختبار.

والسبب الثانى يتعلق بواقع أننا يمكن أن نتوقع، فى مستقبل لا شك فى أنه قريب، أن نستخدم الاستنساخ من أجل ضمان الأداء الجيد للجين الغريب، وإلى يومنا هذا فإن اندماجه بعد الحقن المجهرى أو بعد إدخال مادة جينية فيروسية فى خلايا transfection الجينات المانحة للأنوية قد حدث بالمصادفة، وأكثر الأحيان فى شكل نسخ copies متعددة. وتؤثر هذه الاندماجات غير المحكومة بصورة متكررة على نموذج تعبير<sup>(٨)</sup> expression "دنا" الغريب وتعرض للخطر الجهود الطويلة اللازمة لإنتاج الحيوانات. وهى تسهم فى زيادة تواتر ظهور اضطرابات فسيولوجية، وهذا وضع لا يمكن أن يتسامح معه الاحترام الواجب لحيوانات التربية على أن واقع أنه يمكن استخدام عدد كبير من الخلايا المزروعة يسمح باللجوء إلى إستراتيجيات جزيئية لتوجيه اندماج الجين الغريب فى وجهة مختارة للجينوم سلفاً، على سبيل المثال منطقة تشجع فيها البيئة الكروماتينية (الصبغية) مستوى مرتفعاً من نشاطه. وبالتالي يصير الاستنساخ رهاناً للحصول بصورة مباشرة على هذه الحيوانات المحولة جينيا باستخدام خلايا مانحة للأنوية حيث تكون سلاسل الجين الغريب سلاسل داخلية مختارة سلفاً. ومع الأخذ فى الاعتبار لعدد كبير من

---

(٨) Expression (التعبير الجينى): مجموع العمليات التى يُسجل عن طريقها جين فى "رنا - المرسال" ويتجسد الأخير فى بروتين. (المترجم)

الانقسامات الضرورية من أجل انتخاب هذه التطورات النادرة للامتزاج الجيني<sup>(٩)</sup> recombinaison فإن الحصول على سلالات من الخلايا الكلية القدرة التي يمكن الإبقاء عليها أثناء فترات طويلة جدا في الانقسام النشط المختبري سيكون ضروريا دون شك. وهذه الخلايا لا توجد إلى يومنا هذا إلا عند الفئران.

وسوف تتمثل ضرورة إضافية، على الأقل بالنسبة للأنواع المستأنسة، في إزالة كل سلسلة "دنا" المستخدمة لتصنيف trier الخلايا حيث يحدث الامتزاج الجيني المتماثل بين السلاسل الداخلية المشار إليها والجين الغريب. وقد تسمح تكنولوجيات جديدة بالقيام على هذا النحو بتخليص الأنوية المانحة لهذه المساعدات auxiliaires للتصنيع التي تتمثل في جينات مقاومة المضادات الحيوية، أو الجينات الموجهة للأداء الفعال للجين الغريب. إنه إذن، مع الحيوان، أكثر من مسألة أن يكون إنتاج كائنات عضوية معدلة جينيا عن طريق الترقيع bricolage كما كان الحال مع النباتات. ويتمثل هدف البحث في تقنية نقل الجينات الملائمة التي لن تقوم إلا بإحلال أليل<sup>(١٠)</sup> allèle محل آخر. وبالتالي فإن تطبيقات الاستساخ لدى الحيوان سوف تفضي في الممارسة العملية إلى تطوير تكنولوجيات تقنية نقل الجينات، من أجل التشكيل بصورة مباشرة لحيوانات التربية وليس فقط للانتخاب بصورة أفضل للحيوانات الأفضل ابتداءً من أعداد كبيرة من الحيوانات من نفس النمط الجيني<sup>(١١)</sup> génotype. ولفترة أولى، من المحتمل استخدام امتزاج الجينات المتماثل بين "دنا" الخارجى وسلاسل داخلية من أجل تطبيقات طبية، مثل التوصل على سبيل المثال إلى حيوانات متوافقة مناعيا immunocompatibles مع الإنسان (الخنزير) ومن أجل محاولة جعل ممارسة نقل خلايا/أنسجة/أعضاء حية من

---

(٩) Recombinaison (الامتزاج الجيني): امتزاج الجينات بما يؤدي إلى أن تظهر في السلالة سمات لم تكن موجودة مجتمعة لدى الوالدين. (المترجم)

(١٠) allèle اختصار (allèlisme): أى جين من جينين متقابلين في تعبير النمط الجيني الظاهري وكذلك في الوظيفة ولكنهما يجتمعان في التزاوج والإخصاب. (المترجم)

(١١) Génotype (الجينوتيب، النمط الجيني): الميراث الجيني لفرد ويتوقف على جيناته الموروثة من والديه. (المترجم)

مصدر حيواني غير بشري إلى الإنسان xénotransplantation فعالة. وفي الأجل الأطول، فإن هندسة حقيقية للحيوانات المستأنسة هي التي قد تظهر وتجعل الطرق الكلاسيكية للانتخاب الحيواني أسرع. كما أنه لا مناص من أن ينتهي الاستنساخ إلى إيجاد نماذج حيوانية جديدة من أجل تعميق معارفنا عن تنظيمات الوظائف الجديدة للكائن الحي وكذلك من أجل دراسة الأمراض التي اتضح أن اللجوء من أجلها إلى الفئران كنموذج أمر خادع.

غير أن الاستنساخ بدأ يُستخدم أيضا للمحافظة على الأنماط الجينية الحيوانية الاستثنائية. فالنيوزيلانديون على سبيل المثال حصلوا منذ فترة قصيرة على عجول مستنسخة عديدة ابتداءً من خلية مأخوذة من بقرة عمرها سبعة عشر عامًا، وكانت واحدة من أبقار باقية نادرة من قطيع تأقلم على مناخ بالغ القسوة لجزيرة بجنوب البلاد. وقد نسخ اليابانيون أيضا ثورًا في الخامسة والثلاثين من عمره، وهو عمر مقبول لدى هذا النوع. وفي الحالتين، استطاع الحيوانان المستنسخان التناسل بصورة سوية تمامًا مما سمح بالتالي بإدخال هذين النمطين الجينيين المفيدتين في المخططات العامة الكلاسيكية في الانتخاب الحيواني. ومع زميل اختصاصي في علم الوراثة من إنرا INRA، أوضحنا أنه يكفي استخدام حوالي خمسة، أو على الأكثر عشرة حيوانات مستنسخة من حيوان مفيد للوصول، ابتداءً من تدابير معدة للحيوانات المستنسخة ذاتها أو للحيوانات المتحدرة منها، إلى معرفة هي في آن معًا أدق وأسرع بالقيمة الجينية للحيوان.

### الحيوان، الإنسان:

#### الاستنساخ التكاثري والاستنساخ العلاجي

مع الأمثلة المقدمة أعلاه، يكون الهدف هو الحصول على ولادة كائنات حية مستنسخة بعد أن تنقل، إلى أنثى حامل، أجنة مبكرة معادة التكوين تكون أنويتها الجسدية مأخوذة من كائن حي بالغ: هذا ما نسميه الاستنساخ التكاثري

reproductive. غير أننا يمكن أيضا أن نتوقع عدم القيام بنقل الأجنة المبكرة المعادة التكوين وزرعها للحصول على سلالات لخلايا متعددة القدرات جنينية مبكرة أو متميزة ستكون لها نفس السمات الجينية المميزة مثل سمات المانح: هذا ما نسميه الاستنساخ العلاجي thérapeutique أو أيضا الاستنساخ غير التكاثري، وهذا التمييز، الذي وضعته اللجنة الاستشارية الوطنية للأخلاقيات منذ ١٩٩٧، أساسى لفهم كيف يمكن تطبيق الاستنساخ على الإنسان.

وإلى يومنا هذا، توجد في العالم بأسره حركة واسعة جدا لحظر الاستنساخ التكاثري البشرى. ومنذ عامين، قامت تسعة عشر بلداً أوروبياً بتوقيع بروتوكول يتضمن هذا التمييز. وبطبيعة الحال فإننا نستطيع دائماً أن نبرر اللجوء فيما يتعلق بالإنسان إلى الاستنساخ التكاثري: إنه سيسمح لنا على سبيل المثال بزيادة فرص الحمل grossesse عندما يمكن الحصول على جنين مبكر واحد فى المختبر، أو ببقاء السلالة البيولوجية فى حالة الإنجاب المستحيل. غير أن مثل هذه الممارسات، الممكنة تقنياً، قد تفتح الطريق أمام الإنجاب باستنساخ طفل يُشرف على الموت، وأمام إنجاب كائن مرتفع الثمن أو شخصية "استثنائية"، دون أن نتحدث عن حلم ولادة أطفال عديدين متماثلين جينياً. وعندئذ يبدو الاستنساخ الإنجابى على أنه ينظر إلى الشخصية البشرية على أنها وسيلة، ويمثل بالتالى طعناً مهيناً لكرامته. وهو يوقظ اليوم وعياً شبه إجماعى بضرورة اتفاق دولى يهدف إلى فرض حظر عليه. ومن شأن إعلان مثل هذا الاتفاق أن يكون علامة على جبهة جديدة للنهج الإخلاقى فى مواكبة ومراقبة جبهة المعارف العلمية.

وعلى النقيض، يهدف الاستنساخ العلاجي إلى استخدام مختلف تماماً لنقل الأنوية: استخدام يفتح الباب أمام أشكال جديدة من التطعيمات الذاتية autogreffes. والواقع أن الإعلان فى الولايات المتحدة عن النجاحات الأولى فى عزل سلالات الخلايا الكلية القدرات المحددة انطلاقاً من زراعة أكياس بلاستولة بشرية فائضة منحها للبحث أزواج وزوجات من المرضى (المتطوعين فى برنامج للإنجاب

المساعد طبيا) قد عزز إلى حد كبير الاهتمام بهذا النهج. وتتعلق الفكرة بالإنتاج، بنقل الأنوية، لكيس بلاستولة انطلاقاً على سبيل المثال من خلايا مانحة مأخوذة عن طريق الفحص الحيوى biopsie من مريض مصاب باللويميا، ثم زرع خلايا هذا الجنين المبكر dériver واستمداد مختلف الأنماط الخلوية التي تكون خلاياها أسلافاً لسلالة مكونة للدم hématopoïétique؛ وعندئذ يغدو بمستطاع هذه الخلايا أن يُعاد، بدون خطر الرفض، إدخالها في نخاع العظم للمريض بعد أن يكون قد تم سلفاً تعديلها جينياً لجعلها سليمة.

كذلك فإن الاستخدام الفعال للاستتساخ العلاجي سوف يجعل من الضروري أيضاً إجراء كثير من الأبحاث قبل أن يكون بالمستطاع أن يصير واقعاً غير أنه واعد بتطبيقات طبية عديدة جداً، وبصورة خاصة من أجل أمراض انحلال الأعصاب neurodégénératives. وهذا الشكل للاستتساخ يمكن بدوره ألا يكون سوى مرحلة انتقالية للبحث. وبالفعل فقد تبين لنا مؤخراً أن الخلايا الجزعية المعزولة انطلاقاً من أنسجة متخصصة، أنسجة عصبية، أو دموية، أو عضلية، يمكن أن تشهد إعادة توجيه مصيرها، عندما نقوم بصورة مباشرة بتعديل بيئتها في المختبر دون أن نلجأ لهذا السبب إلى نقل الأنوية: على سبيل المثال بوضع خلايا عصبية في الدورة الدموية للفأر، تكتسب هذه الخلايا نمطاً ظاهرياً<sup>(١٢)</sup> phénotype لخلايا دموية. وآليات هذا التغير في اتجاه التمايز الخلوى transdetermination التي تبدو أنماط عديدة من الخلايا الجسدية قادرة عليه ماتزال غير مفهومة إلى حد كبير. غير أن هذه النتائج الأخيرة تضعنا في الواقع أمام جدال أخلاقي حقيقى يمكن أن يُصاغ فى شكل سؤالين.

من أجل تحديد سلالات لخلايا جنينية بشرية متعددة القدرات انطلاقاً من أنوية خلايا جسدية، ينبغى أولاً تحديد شروط الزرع التي سوف تسمح باشتقاق

---

(١٢) Phénotype (الفينوتيب، النمط الظاهري): مجموع السمات الفردية الملائمة لتحقيق الجينوتيب وتحدده عوامل البيئة فى مجرد نمو الكائن الحى. (المترجم)



سلالات لخلايا انطلاقاً من كيس البلاستولة. وفي فرنسا فإن هذا مستحيل لأن كل بحث، حتى حول الأجنة المبكرة الفائضة surnuméraires لبرامج الإنجاب بالمساعدة الطبية، يحظره قانون الأخلاق البيولوجية bioéthique لعام ١٩٩٤. غير أن من المتوقع أن يعاد النظر قريباً في هذا القانون. ومن هنا السؤال الأول المطروح على السلطة التشريعية: هل ينبغي، آخذين في الاعتبار المعطيات الجديدة في البحث، أن نواصل حظر أم على العكس إباحة زرع هذه الأجنة المبكرة الفائضة، بالطبع مع رقابة ملائمة؟ ومن أجل تنفيذ الاستنساخ العلاجي، يجب إعادة تكوين الأجنة المبكرة وبالتالي تخليق، أجنة مبكرة بشرية، انطلاقاً من بويضات بشرية، من أجل حاجات البحث. وفي فرنسا، كما في بلدان عديدة، فإن هذا التخليق "لكائنات بشرية محتملة" إذا استعدنا التعبير الذي تقترحه اللجنة الاستشارية الوطنية للأخلاق من أجل تعريف الوضع القانوني للجنين البشري، محظور. ومن هنا السؤال الثاني، الأصعب دون شك: هل يمكن أن نقوم بالإباحة، حتى بصورة انتقالية، لتخليق الأجنة البشرية من أجل البحث؟ الحظر، الإباحة، يستدعي الاستنساخ العلاجي حاجة إضافية: الحاجة إلى أن نتعلم أن نقيس بقيمتها الصحيحة المنجزات البالغة السرعة لعالم العلوم التقنية هذا الذي ينتمي إليه الاستنساخ. وبين رفض كلي ودفاع أعمى، يغدو اتباع خط ذروة دون شك أكثر شجاعة: إنه الخط الذي بمحاذاته ينبغي، في الوقت المرغوب، أن نقرر التقدم أو التقهقر. وضد الخوف، يصير مثل هذا النهج عملاً حكيماً.

### خلاصة

في أقل من ثلاثة أعوام، صار الاستنساخ الحيواني أداة مستقلة تماماً للبحث الأساسي. فهو يساعد في التوصل إلى فهم أفضل لآليات التمايز الخلوي والطابع الجزيئي واللدونة (= قابلية التشكل) plasticité الوظيفية الكبيرة لجينوم خلايانا. كما أنه يوضح أيضاً أننا لسنا سوى نتائج جيناتنا وأنه يجب السماح بفهم أفضل للطريقة التي تقوم بها بيئة الجنين المبكر، عند الثدييات، بتعديل مصيره. وفي

ارتباط مع تقنية نقل الجينات transgenèse، سوف يسمح الاستتساخ بتشكيل الحيوان وباستخدام هندسة حقيقية لجينومها. وعندها، سيتقدم العلم والتطبيقات بالفعل بصورة متلازمة، محوِّمين فوق السوق التي تعدّ الحياة le vivant بالنسبة لها قبل كل شيء نشاطاً منجمياً. وعندها، تلتقى العقول الفريدة التي تريد أن تفهم تعقيد تطور الفرد<sup>(١٣)</sup> ontogenèse بالمجازفات التي يُعدّ أيضاً العلم والتقنيات بالنسبة لها وسائل تأثير للإنسان على الحياة le vivant. وعندها تظهر استخدامات جديدة للحيوان الذي قد يعيد تعريف الحدود الخارجية لتصورنا عن الإنسان.

ومع الاستتساخ، يبدو أن النشاط العلمي يدخل في مواجهة مع أساطيرنا المؤسسة الأكثر قوة: أسطور الخلود مع وعودها التي تمنح شباباً أبدياً؛ أسطورة القوة التي توفق بين آلهة تشكل الكائنات الحية في جوارنا؛ وأخيراً أسطورة القرين وبالتالي اللاتميز الذي يقود إلى الجريمة. وتبدو الأحلام الحديثة مستعدة للخروج من المختبرات، كما أن الخوف ولكن أيضاً السحر اللذين يمارسهما الاستتساخ الحيوانى يبدوان على طول وسائل الإعلام. ولكن البقاء مُقسَّمين بين الإغراء والرعب، ليس نهائياً ما يرافق نظرتنا عندما نتناول هذا العالم الفريد من أجل أن نحس بجماله بصورة أفضل!

---

(١٣) ontogenèse أو ontogénie: تطور الفرد منذ تخصيب البويضة حتى حالة البلوغ/النضج. (المترجم)



# تقنية نقل الجينات والتطهير الجيني والجينوم الوظيفي<sup>(١٤)</sup>

بقلم: دانييل ميتسجييه

Daniel METZGER

ترجمة: خليل كلفت

## مقدمة

يتمثل أحد أهداف البيولوجيا الحديثة في فهم الطريقة التي يمكن بها لكائن حي معقد مثل الإنسان أن يتطور انطلاقاً من خلية، ويعيش في بيئته، ويتناسل. ومن الجلى أن برنامجاً جينياً ينظم هذه التطورات، وأن الـ "دنا" (حمض ديوكسي ريبو النووى) هو دعامة المعلومات. وبالتالي فإن لفهم أهمية الآليات التي تنظم التكاثر والتمايز الخلويين في الحالة السوية والمرضية أهمية رئيسية. وتكتسب الخلايا في مجرى التطور وظائف متباينة. ويمثل نقل الجينات<sup>(١٥)</sup> transgenèse والتطهير الجيني<sup>(١٦)</sup> mutagenèse أداتين جبارتين لدراسة هذه التطورات المعقدة. وهما يسمحان أيضاً بإنجاز نماذج حيوانية لپاثولوجيات بشرية، وباقتراح تشخيصات، وبالتحديد الدقيق لعلاجات. وأخيراً فإن تقنية نقل الجينات ربما تكون مستخدمة كوسيلة لإنتاج جزيئات بيولوجية مهمة.

---

(١٤) نص المحاضرة رقم ٢٩ التي أقيمت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٩ يناير ٢٠٠٠.  
(١٥) transgenèse (نقل الجينات): تقنية للبيولوجيا الجزيئية هدفها تحويل جينوم كائن حي منلق بإدخال جين عليه. (المترجم)

(١٦) mutagenèse: تكوين الطفرات الجينية أو التطهير الجيني بإدخال عامل (فيزيائي) أو مادة (كيميائية) لإحداث/تسريع الطفرة. (المترجم)

و"دنا" جزيء دقيق يتألف من أربعة عناصر قاعدية، النيوكليوتيدات A,T,C,G. وهو موجود داخل نواة الخلايا في صورة ثنائية السلسلة bicaténaire ويشكل الكروموزومات. وتتكون الجينات من سلاسل "دنا" التي تُشفّر للبروتينات ومن سلاسل "دنا" منظمة régulatrices (معززة enhancer/promoteur)، التي تسمح بتنظيم تعبير<sup>(١٧)</sup> expression المنطقة المشفرة codante. وتسمح آلية خلوية بتدوين المعلومات التي يحتوى عليها الجين في جزيء أحادي السلسلة monocaténaire، نسميه "رنا - المرسال" RNAm (حمض ريبو النووى). ويتحكم "رنا - الساعي" في تسلسل الأحماض الأمينية في ترتيب محدد، ويسمح على هذا النحو بتخليق بروتينات خاصة لها وظائف هيكلية، أو وضع الإشارات signalisation، أو نشاط إنزيمى.

ويملك كل فرد ميراثاً جينياً مختلفاً. ويصمم الجينوتيب<sup>(١٨)</sup> (النمط الجينى) génotype المعلومات المميزة التي يحتوى عليها الجينوم الخاص بها. ويتألف الفينوتيب<sup>(١٩)</sup> (النمط الظاهرى) phénotype من خصائص جسمانية مميزة ملحوظة لهذا الفرد، يقررها التكوين الجينى.

### دراسة الجينات ووظائف البروتينات

وتسمح فروع علمية مختلفة بدراسة وظيفة الجين والبروتينات:

- الكيمياء الحيوية تسمح بدراسة بنية ووظيفة البروتينات فى المختبر in vitro.
- الصيدلانية تسمح بتحليل وظيفة البروتينات معدلاً خصائصها عن طريق جزيئات

(١٧) expression (التعبير الجينى) مجموع العمليات التي يُسجّل عن طريقها جين فى "رنا - المرسال" RNAm ويتجسد الأخير فى بروتين. (المترجم)

(١٨) génotype (جينوتيب، النمط الجينى): الميراث الجينى لفرد ويتوقف على جيناته الموروثة من والديه. (المترجم)

(١٩) phénotype (فينوتيب، النمط الظاهرى): مجموع السمات الفردية المطابقة لتحقيق الجينوتيب وتحده عوامل الوسط فى نمو الكائن الحى. (المترجم)

صغيرة مثبتة في بروتين بروابط خاصة غير تساهمية التكافؤ<sup>(٢٠)</sup> des ligands.

- علم الوراثة، عن طريق التطهير الجيني والتحويل الجيني، يعدل الجينوتيب من أجل تحليل الفينوتيب الناتج عن هذا التعديل. ويمكن تحقيق هذا الأخير عن طريق سلالات خلوية أو حيوانات مثل ذبابة الخل، أو الخيطيات، أو الدجاج، أو الفأر.

ومن الآن ولعدة أعوام، ستكون التسلسلات الكاملة لجينوم الإنسان والفأر قد تحددت. وسوف يسمح هذا بتوضيح عشرات الآلاف من الجينات المجهولة، التي سوف ينبغي اكتشاف وظائفها على المستوى الجزيئي، والنسجي وكذلك للكائن الحي بأكمله. وإلى التقنيات الكلاسيكية للبيولوجيا الجزيئية والجينية تضاف معلوماتية بيولوجية تمثل أداة جبارة لمقارنة وتحليل تسلسلات "دنا" وسوف تقوم تقنية نقل الجينات (التحويل الجيني) بإكمال هذه التشكيلة بالإمكانية الكامنة المذهلة التي يقدمها للقدرة على التعديل حسب الطلب لأي جين مهما كان، والقدرة بالتالي على دراسة وظيفته الفسيولوجية على مستوى الكائن الحي بأكمله.

### الفأر كنموذج حيواني

لفهم وظيفة الجينات، من الأساسي إجراء دراسات جينية. والفأر نموذج حيواني ملائم للغاية، لأنه قريب نسبيا من الإنسان. فالواقع أنه حيوان ثديي، كما أن مستوى جينومه وعدد جيناته مماثلان لنظيريهما عند الإنسان. وتربية الفأر سهلة نسبيا بسبب حجمه الصغير، ونضجه الجنسي السريع (٦ إلى ٨ أسابيع)، وفترة حمله القصيرة نسبيا (٣ أسابيع)، وتكلفته المعتدلة. وعلاوة على هذا فإن التقنيات التي تسمح بتعديل الجينوم عن طريق التحويل الجيني "الكلاسيكي" بهدف الإفراط في تسجيل جين ثم تجسيده في بروتين surexprimer أو تسجيل جين مطفر ثم

---

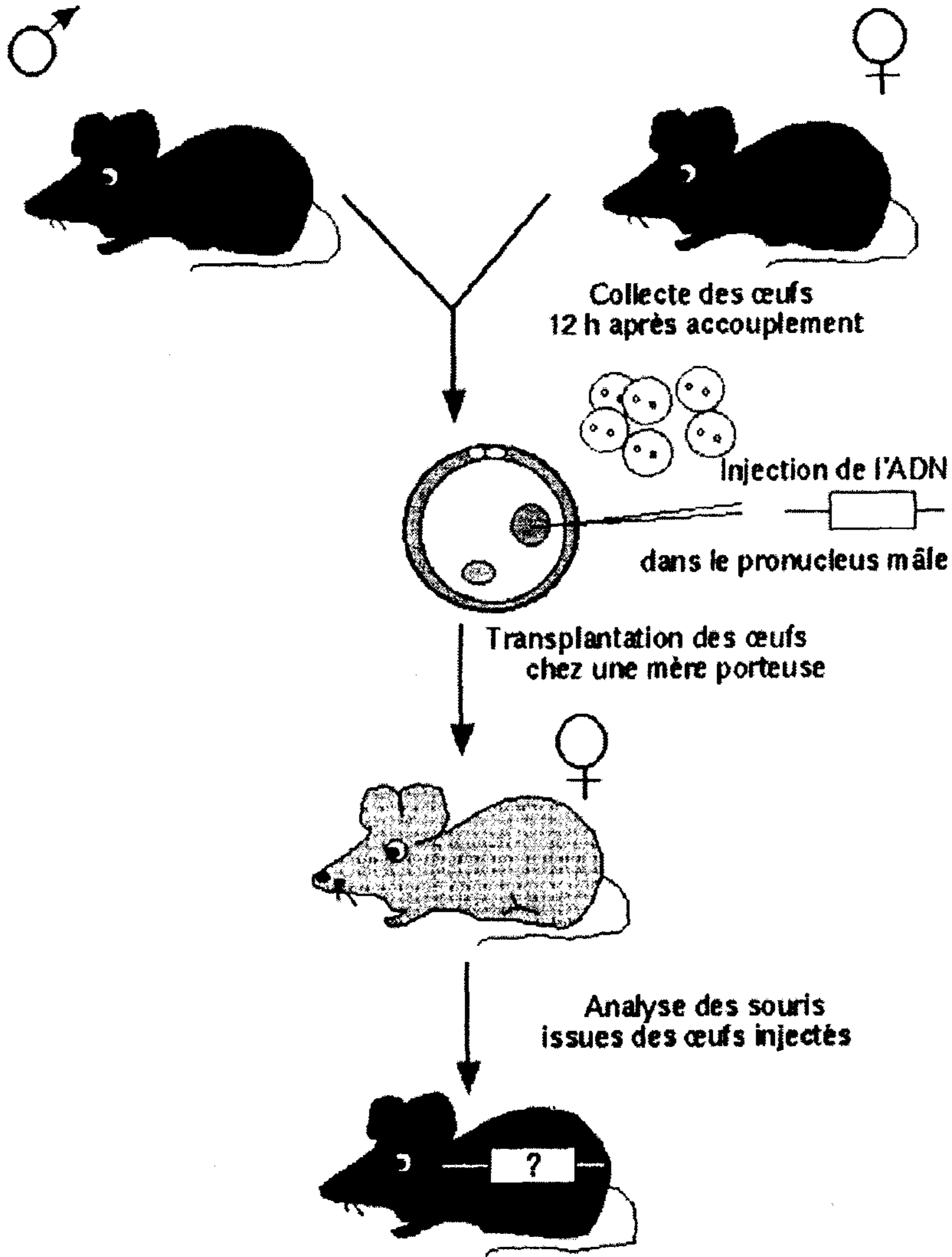
(٢٠) ligand (رابط غير تساهمي التكافؤ): جزئ صغير يلتصق ببروتين بارتباطات نوعية غير تساهمية التكافؤ. (المترجم)

تجسيده في بروتين، وعن طريق الإلغاء النوعي لجينات إنما هي تقنيات متوفرة في هذا الكائن الحي. وهذه الأدوات الجينية، التي نتجه إلى وصفها، تسمح ليس فقط على المستوى الجوهري المتعلق بفهم أفضل لوظيفة الجينات، بل أيضا بإنتاج حيوانات تحمل طفرات مماثلة لتلك الموجودة في الأمراض الوراثية البشرية وبالتالي فإن تطابق الجينات المستولة عن نواقص لدى الفأر يسمح ليس فقط بتسهيل التشخيصات وفهم الأمراض البشرية، بل أيضا بخلق نماذج حيوانية تسمح بإجراء المحاولات العلاجية من أجل تسهيل تحديد العلاجات.

### التحويل الجيني الكلاسيكي

يسمح التحويل الجيني "الكلاسيكي" بإدخال جزء من "دنا" في الجينوم والتعبير الجيني الذي يحمله. ولتكوين كائن حي محوّل جينياً لجين معلوم عن طريق التحويل الجيني "الكلاسيكي"، فإنه يتم قبل كل شيء استنساخه *cloné* وتعديله في المختبر للسماح بتعبيره الجيني. ويتم حقن الجين الدقيق *mini-gène* (أو الجين الغريب/الأجنبي *transgène*) في النواة الأولية المذكرة للبويضة المخصّبة للفأرة، التي يُعاد زرعها بعد ذلك في أمّ حاملة (الشكل ١). ويتم تحليل الفئران الوليدة التي تخرج من هذه البويضات للتحقق من وجود الجين الغريب وتعبيره. وبصورة عامة يكون الجين الغريب مندمجاً عشوائياً في الجينوم. ويتم اختيار الفئران التي تحمل الجين الدقيق في السلالة الرُشيمية *germinale* لتكوين سلالات محوّلّة جينياً. ويجري استخدام الجينات الدقيقة بوجه عام للتعبير عن بروتين نافع. ولكي يوجه تعبيره الجيني، يجب أن يكون التسلسل المشفر للـ"دنا" مسبقاً بتسلسل حافز للـ"دنا". كما يسمح التحويل الجيني بدراسة التسلسلات الحافزة *promotrices* وبوضع الحافز في وضع أعلى من تسلسل مشفر لبروتين قابل للعرض بسهولة (إنزيم، بروتين فلوريسنتي، إلخ.)، يكون من السهل تحديد الأنماط الخلوية التي يجري التعبير الجين فيها، وتسلسلات "دنا" التي تحدد نوعية هذا التعبير. وبعض الحوافز فعالة في كل الخلايا، في حين أن الحوافز الأخرى

ليست فعالة إلا في أنماط خلوية بعينها. وبالإضافة إلى هذا فإنها يمكن أن تكون فعالة فقط خلال بعض مراحل التطور أو الحياة البالغة، أو أن تكون قابلة للبحث.



الشكل (١)

تكوين الفئران المحولة جينياً - مخطط عام



وتستلزم الاختبارات manipulations الجينية لدى الفئران معدات متخصصة وعاملين ذوي تأهيل عال. ولتحديد سلالة محوِّلة جينيا من الفئران، يستغرق الأمر قرابة عام. ورغم هذه الصعوبات فإن هذا النهج مستخدم إلى حد كبير. ولنلاحظ مع هذا أن هذه التكنولوجيا لا تسمح بتعبير الجين الداخلى المنشأ. وفي نهاية ثمانينيات القرن العشرين، حلت محلها تكنولوجيا أخرى تسمح بوقف نشاط جين بعينه أو بإحلاله محل جين مطفر.

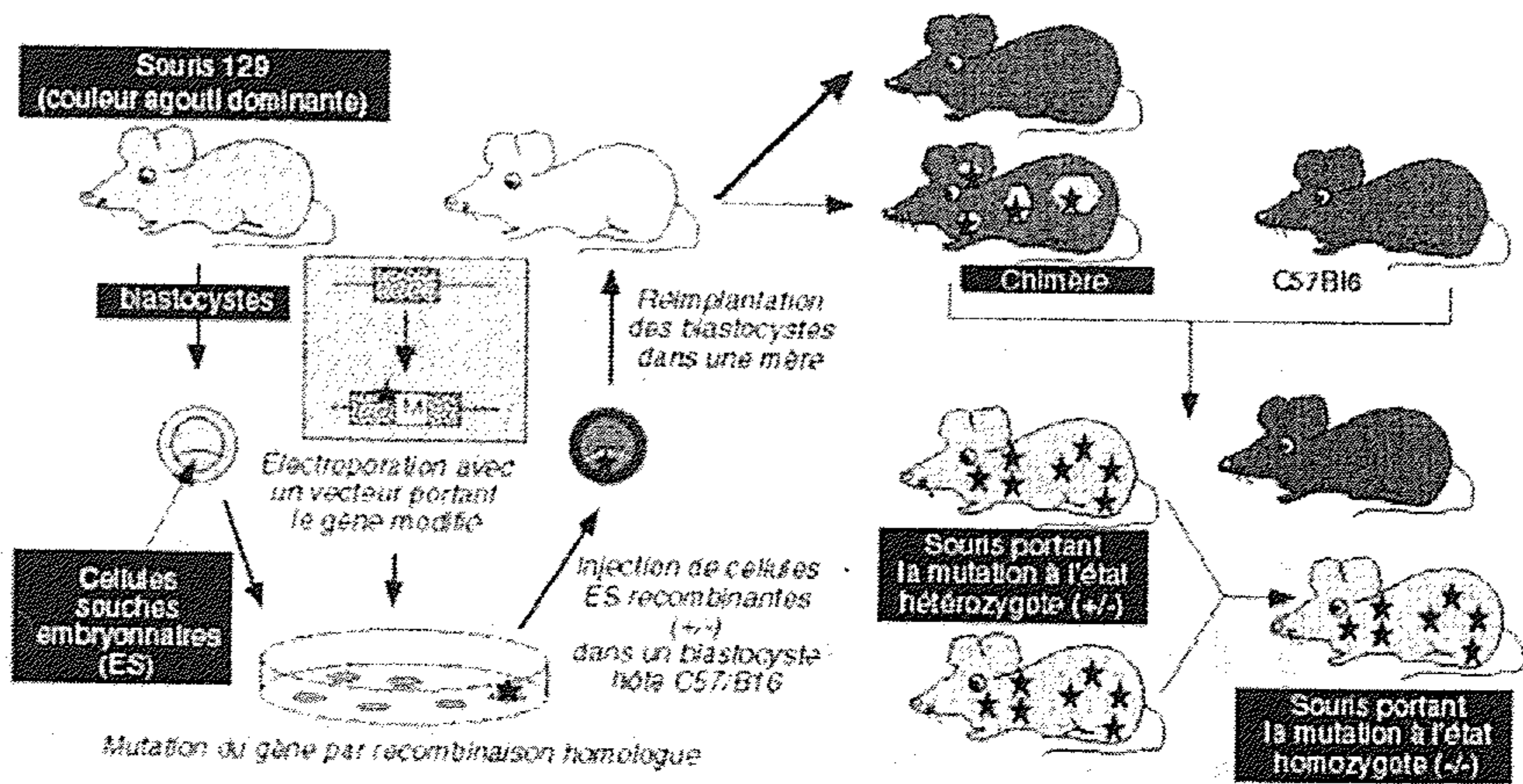
### الإلغاء المستهدف للجينات

تسمح تقنيات الامتزاج الجيني المتماثل<sup>(٢١)</sup> recombinaison بتعديل جين بصورة نوعية، أى بإحلال جين يحمل طفرة محددة (على عكس التحويل الجيني الكلاسيكي، حيث يحدث اندماج الجين الغريب بصورة عشوائية) محل جين بعينه. وللقيام بهذا يجب أن يكون الجين مستنسخاً cloné وأن يكون التطفير حادثاً فى المختبر. كما يجرى دمج جين مقاوم لمضاد حيوى فى الجزء المطفر من "دنا". وبعد هذا يجرى إدخال الجين المطفر فى الخلايا عن طريق الإدخال الكهربائى electroporation. ولأن حوادث الإحلال عن طريق الامتزاج الجيني المتماثل نادرة جدا فى خلايا الثدييات، فإن الخلايا قبل الدمج فى الـ"دنا" تكون قبل كل شيء مختارة بمساعدة المضاد الحيوى الملائم لجين المقاومة الذى يتم دمجه فى الجين الغريب، ثم يجرى تحديد الخلايا التى حلت محل الجين المستهدف بالامتزاج الجيني المتماثل عن طريق تحليل "دنا" الخاص بها. ولتكوين فئران تحمل الطفرات المستهدفة، يجرى استخدام خلايا ES (cellules embryonnaires souches = خلايا جنينية جزعية). وهذه الخلايا، المعزولة من جنين مبكر المضج (كيس البلاستولة blastocyste)، تملك خاصية القدرة على أن تزرع وتختبر معمليا، مع المراعاة التامة لقدرتها على التمايز. وخلايا ES المعدلة عن طريق الامتزاج

---

(٢١) recombinaison (الامتزاج الجيني): امتزاج الجينات مؤديا إلى أن تظهر فى السلالة سمات لم تكن موجودة لدى الوالدين. (المترجم)

الجيني المتماثل يُعاد إدخالها في أكياس البلاستولة ، التي تجرى إعادة زراعتها في فئران حوامل (الشكل ٢). ونظرا لأن خلايا ES متحدرة من جنين من سلالة فئران بُنية الشعر (سمة جينية سائدة) وأن أكياس البلاستولة المحقونة تنشأ عن فئران سوداء الشعر، فإن الفئران الوليدة، التي يكون جزء منها متحدرا من خلايا ES المعدلة، يمكن تمييزها بالبقع ذات اللون البني على شعر أسود. وهذه الحيوانات خيالية chimérique ليس فقط على مستوى شعرها، بل أيضا من حيث الأعضاء الأخرى؛ فهي تتكون من خلايا ذات نمط وحشي وخلايا تحمل التعديل الجيني الذي جرى إدخاله في خلايا ES. والحيوانات الخيالية التي تحمل الطفرة في حالة الزيجوت المتغاير hétérozygote في السلالة الرشيمية germinale يجرى التعرف عليها بعد التزاوج مع فئران ذات شعر أسود، من خلال تحليل النمط الجيني للذرية ذات اللون البني. والفئران التي تحمل نسختين من الجين المطفّر muté (ولا تحمل بالتالي أية نسخة من الجين الوحشي) يتم الحصول عليها في الجيل التالي، من خلال تزاوج الفئران البنية التي تحمل الطفرة في حالة الزيجوت المتغاير hetero zygote بينها.



الشكل (٢)

تعطيل نشاط جينات عند الفأر

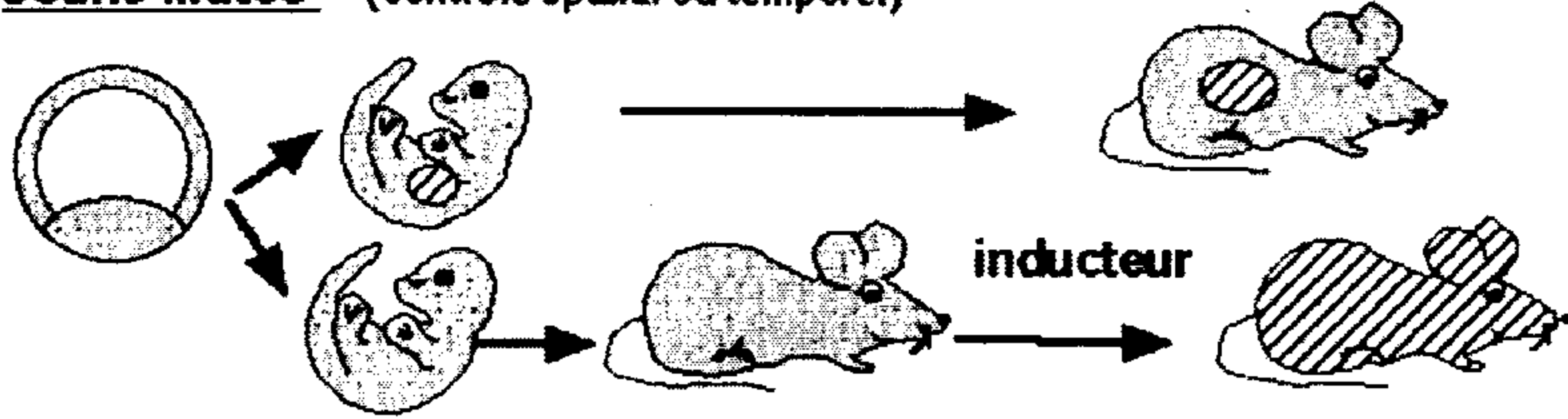
### Souris de type



### Souris mutée (via recombinaison homologue dans les cellules)



### Souris mutée (contrôle spatial ou temporel)



### الشكل (٣)

التطفير الجيني الجسدي المستهدف

وبالتالى فإن تكنولوجيا إلغاء الجين عن طريق الامتزاج الجينى المتماثل (knock-out أو التطفير الجينى mutagemese المستهدف) (الشكل ٣) تسمح بإنتاج فئران تحمل طفرة محددة لجين بعينه فى كل خلايا الحيوان، من البيضة المخصبة حتى العمر البالغ. ولنلاحظ أن هذه التقنية مازال أكثر تعقيدا من التطور الجينى الكلاسيكى، وأنه يلزم حوالى عامين لتكوين سلالات فئران مطفرة عن طريق الامتزاج الجينى المتماثل. وبعد تدقيقها فى حوالى نهاية الثمانينيات من القرن العشرين، صارت هذه التقنية قوية جدا ومستخدمة على نطاق واسع فى العالم. وهناك أكثر من ألف من الجينات المطفرة عن طريق الامتزاج الجينى المتماثل فى الوقت الحاضر. ومع ذلك فإنها تتطوى على عدد من النواقص. والواقع أنه يحدث أن يكون الجين الملغى invalidé أساسيا للتطور الجنينى، مانعا

لذلك إنتاج فئران بالغة حاملة للطفرة؛ وبالتالي فإن وظيفة هذا الجين لا يمكن أن تجرى دراستها عند البالغ. وعلى العكس، ففي بعض الحالات، لا يقوم إلغاء الجينات بحَث الفينوتيب. وقد ينتج هذا عن تعويضات وظيفية خلال التطور، وبصورة خاصة عندما ينتمى الجين إلى فصيلة من الجينات قبل وظائف مماثلة. وبالإضافة إلى هذا فعندما تجرى ملاحظة الفينوتيب، يكون من الصعب تحديد ما إذا كانت التشوهات على مستوى عضو أو نمط خلوى بعينه ناشئة عن غياب الجين في هذا العضو أو بالأحرى عن غيابه في بنيته الجنينية التي تمنع تكوين هذا العضو، على سبيل المثال، أو أيضا عن غياب عامل من عوامل النمو مركب synthetisé في عضو آخر، لا غنى له عن وظيفة العضو المتأثر لدى البالغ. أما بالنسبة للجينات التي لها وظائف متنوعة، على مستوى الأعضاء العديدة، فإن الإلغاء يمكن أن تكون له تأثيرات عديدة، مما يعقد بالتالي تحليل وظيفة الجين على مستوى نمط خلوى بعينه. وأخيرا فإن هذه التكنولوجيا لا تسمح بتكوين نماذج حيوانية جيدة لأمراض بشرية تسببها طفرات جسمية (أي طفرات تظهر في خلية في مجرى الحياة) أو تراكم من الطفرات الجسمية المتعددة الجينات، مثل السرطانات على سبيل المثال. وكان من المهم بالتالي تحديد منهج يسمح بالتفسير بصورة نوعية لجين بعينه، في لحظة محددة وفي نمط خلوى بعينه لدى الفئران.

### التطهير الجيني الجسدى المشروط

يقوم أحد الأنساق الواعدة للغاية في مجال تحقيق الطفرات الجينية المشروطة على خواصّ بروتين فيروس آكل للبكتريا *bactériophage*، وهو "ريكومبيناز كرى" *la recombinase Cre*. والواقع أن "ريكومبيناز كرى" يميز بصورة نوعية تسلسلات "دنا" لأربعة وثلاثين زوجا من القواعد المسماة مواقع "لوكس پی" *sites LoxP* وهو يستأصل جزءا من "دنا" محصورا بين موقعين من مواقع "لوكس پی" ويترك في مكانه موقع "لوكس پی". و"ريكومبيناز كرى" فعال ليس فقط لدى البكتريات، بل كذلك لدى الخميرة، والنباتات والحيوانات. وتسمح

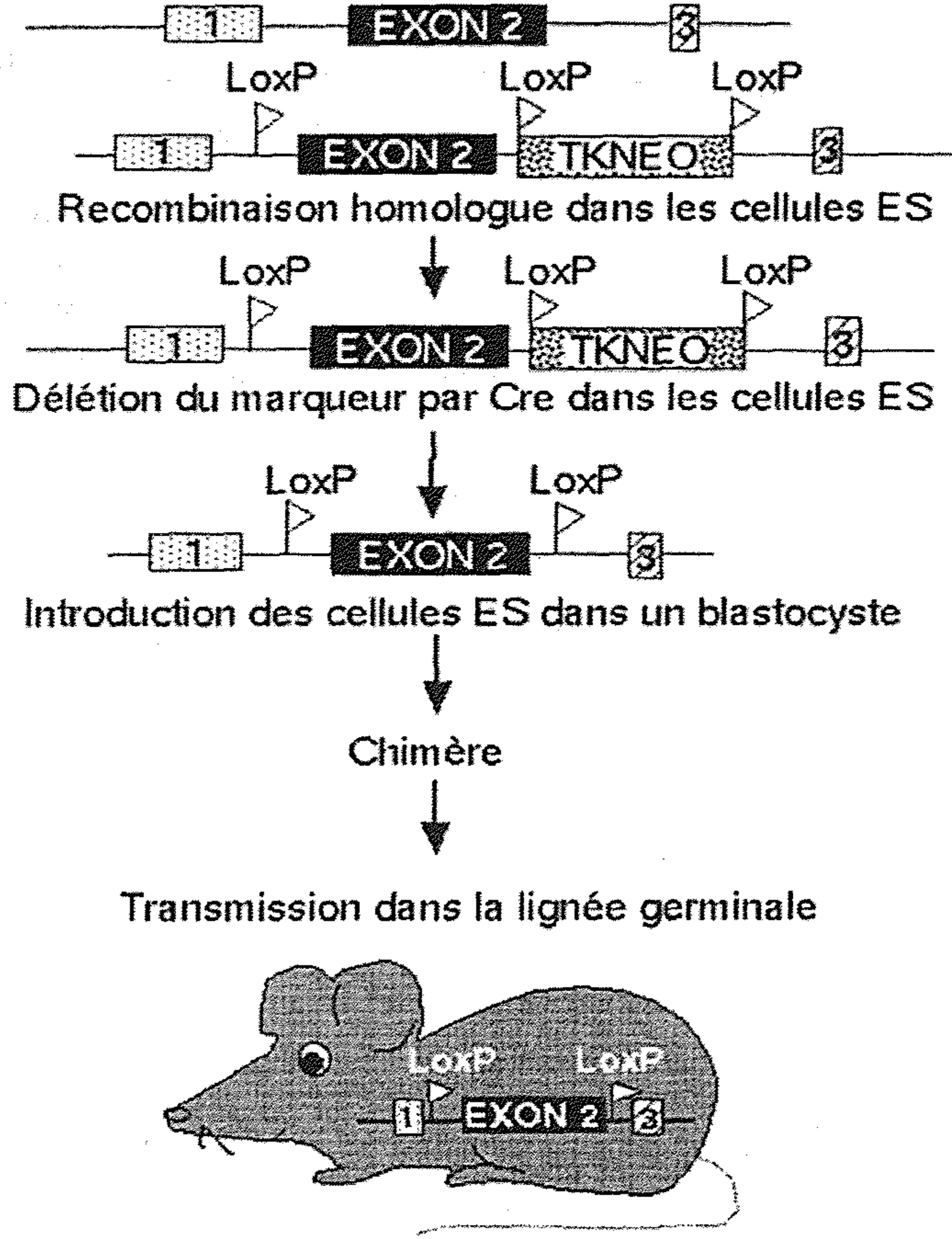
تقنيات التحويل الجيني "الكلاسيكي" لدى الفئران بتوجيه تعبير "ريكومبيناز كرى" في نمط خلوي بعينه، أو تنشيط تعبيره بمساعدة مُحثّات inducteurs، باستخدام مثبرات ملائمة. ويمكن إدخال مواقع "لوكس بي" في جين بعينه لدى الفئران عن طريق الامتزاج الجيني المتماثل للجينات داخل خلايا ES. ويمكن تحقيق طفرة الجين الحامل لمواقع "لوكس بي" إما في نمط خلوي بعينه (ولكن دون السيطرة على اللحظة)، وإما في لحظة مختارة (ولكن داخل كل خلايا الكائن الحي)، حسب السمات المميزة للمثير المستخدم للتعبير عن "ريكومبيناز كرى" (الشكل ٤). وهذا التطوير الجيني نوعي، لأن الجينات التي لا تحمل مواقع "لوكس بي" لا تتأثر، غير أنها لا تسمح بامتلاك سيطرة مكانية - زمانية على طفرة الجين المستهدف.

وللحصول على سيطرة مكانية - زمانية (الشكل ٥) لكبح مقطع من "دنا" واقع بين مواقع "لوكس بي"، حددنا في المعمل بروتيناً خيالياً chimérique يحتوى على "ريكومبيناز كرى" وحقل بروتين نشاطه قابل للحث عن طريق (منطقة اتصال بمتلقى الأوستروجينات<sup>(٢٢)</sup> œstrogènes). وفي غياب المَحِّث (أوستراديول<sup>(٢٣)</sup> œstradiol). يكون هذا البروتين الخيالي (كرى-إر Cri-ER) خامداً. وعلى النقيض، عندما تجرى معالجة الخلايا بالأوستراديول، فإن نشاط "الريكومبيناز" يتم حثه، مما يؤدي إلى الكبح النوعي لمقطع "دنا" بما في ذلك ما بين مواقع "لوكس بي". وقد جرى تعديل البروتين الخيالي في مرة ثانية لإنتاج "ريكومبيناز" يسمى "كرى-إر<sup>T</sup> Cri-ER<sup>T</sup>، وهو قابل للتنشيط بواسطة رابط صناعي غير تساهمي التكافؤ un ligand synthétique، مثل تاموكسيفين (تام) Tamoxifène (Tam)، ولكن أكثر عن طريق روابط داخلية غير تساهمية التكافؤ ligands endogènes (مثلاً الأوستراديول)، الأمر الذي لا مناص من أن يؤدي إلى تنشيط غير مسيطر عليه للـ"ريكومبيناز" الخيالي.

---

(٢٢) œstrogène (أوستروجين): الهرمون المثير للدورة النزوية لدى إناث الثدييات. (المترجم)

(٢٣) œstradiol (أوستراديول): الأوستروجين الطبيعي الأقوى وتفرزه أكياس المبايض. (المترجم)



الشكل (٤)

التطفير الجيني الجسدي المشروط لدى الفأر

ولاختبار فعالية هذا الـ"ريكومبيناز" الخيالي لدى الفئران، جرى تحديد فئران محولة جينياً تعبر عن "كري-إر" تحت سيطرة مثير فيروسى، نشيط فى أنماط خلوية عديدة. ولإظهار نشاط البروتين، جرى تزويج هذه الفئران بفئران تحمل جيناً غريباً "لاك ز" LacZ مشفر لإنزيم، جالاكتوزيداز- $\beta$  galactosidase ينتج تلوينا أزرق فى وجود أساس substrat. ويقوم تسلسل

"stop" محاط بموقعين "لوكس بي"، يجرى إدخاله بين المثير والجين "لاك ز" بعرقلة تعبيره. وعندما يكون "كرى-إرت" نشيطا، فإن التسلسل "stop" يجرى استئصاله، ويجرى التعبير عن الجين "لاك ز". وفى البشرة، لا يكون المثير المستخدم للتعبير عن "كرى-إرت" وظيفيا إلا فى خلايا الشرائح العليا. وفى غياب "كرى-إرت"، فإنه لا يستبين أىّ تلوين أزرق على مقاطع بشرة الحيوانات المحولة جينيا. وعلى النقيض، فبعد يومين أو ثلاثة أيام من العلاج بالتاموكسيفين، تقدم كل خلايا الشريحة العليا للبشرة تلويها أزرق، يبين أن الجين "لاك ز" معبر عنه، وبالتالي فإن كبح مقطع "دنا" الموضوع بين مواقع "لوكس بي" جرى حثه فى نمط خلوى معين وفى لحظة مختارة لدى هذه الحيوانات. ومن أجل تحقيق تطهير جينى جسدى مشروط لدى الفأر، يكفى إذن إحاطة الجين المستهدف، أو مناطق أساسية من هذا الجين، بمواقع "لوكس بي" عن طريق الامتزاج الجينى المتماثل فى خلايا ES (الشكل ٦) ومن أجل إزالة مسجل المقاومة الضرورية لانتخاب خلايا

ES الممتزجة جينيا، ولكن القدرة على التدخل فى تعبير الجين، فإن هذا الأخير ذاته محاط بمواقع "لوكس بي". وعلى هذا النحو فإنه عن طريق التعبير الجينى عن "ريكومبيناز كرى" بطريقة عابرة فى خلايا ES المعدلة عن طريق الامتزاج الجينى المتماثل، يمكن أن يتم تمييز خلايا قامت بصورة اختيارية باستئصال مسجل الانتخاب. وبالتالي فإن التعديل الجينى الوحيد الموجود فى خلايا ES هذه يتمثل فى إدخال موقعين من مواقع "لوكس بي" فى الجين المستهدف، حيث إن من الجلى أن هذين الموقعين موضوعان بطريقة لا تخلّ بأى حال بتعبير الجين. ويتم بعد ذلك تحديد فئران تحمل هذا التعديل انطلاقا من هذه الخلايا؛ وهى تقدم نمطا ظاهريا (فينوتيب) للنمط الوحشى، لأن الجين نشيط دائما. ويتم بعد ذلك تزويجها بفئران محولة جينيا معبرة عن الـ"ريكومبيناز كرى-إرت" داخل الخلايا المستهدفة، بفضل مثير نشيط بصورة انتخابية داخل هذه الخلايا. وكبح التسلسلات الموجودة بين مواقع "لوكس بي" يمكن إذن حثه عن طريق مجرد علاج الحيوانات بالتاموكسيفين. ولا تتعرض الجينات الأخرى داخل هذه الخلايا لأى تعديل. وداخل

الخلايا حيث يكون "كرى-إرت" غير المعبر عنه، من الجلى أننا لن نجد أى تعديل جينى.

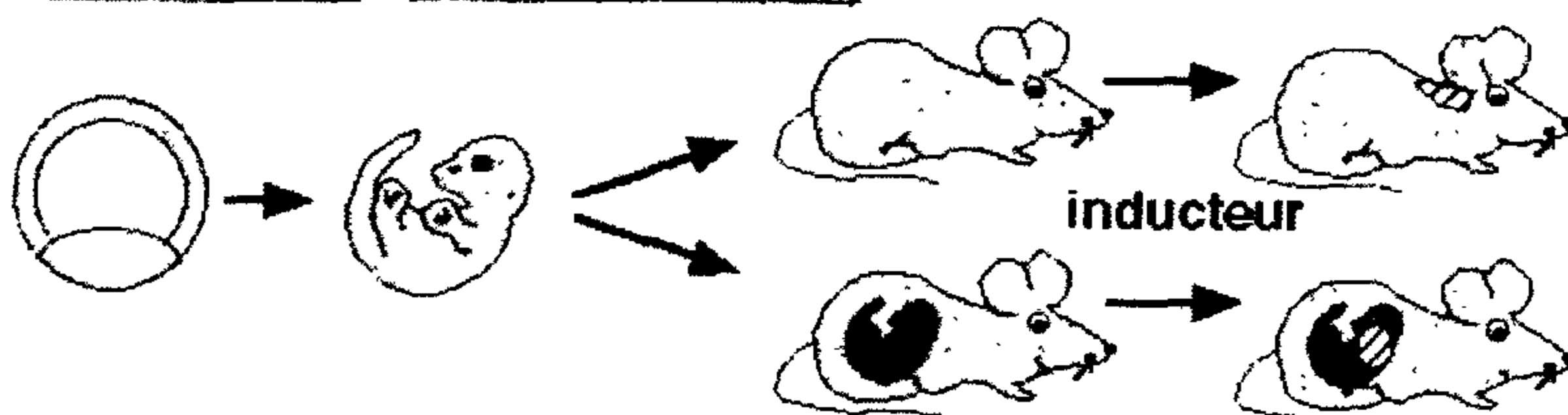
#### Souris de type



#### Souris mutée (via recombinaison homologue dans les cellules)



#### Souris mutée (contrôle spatio-temporel)



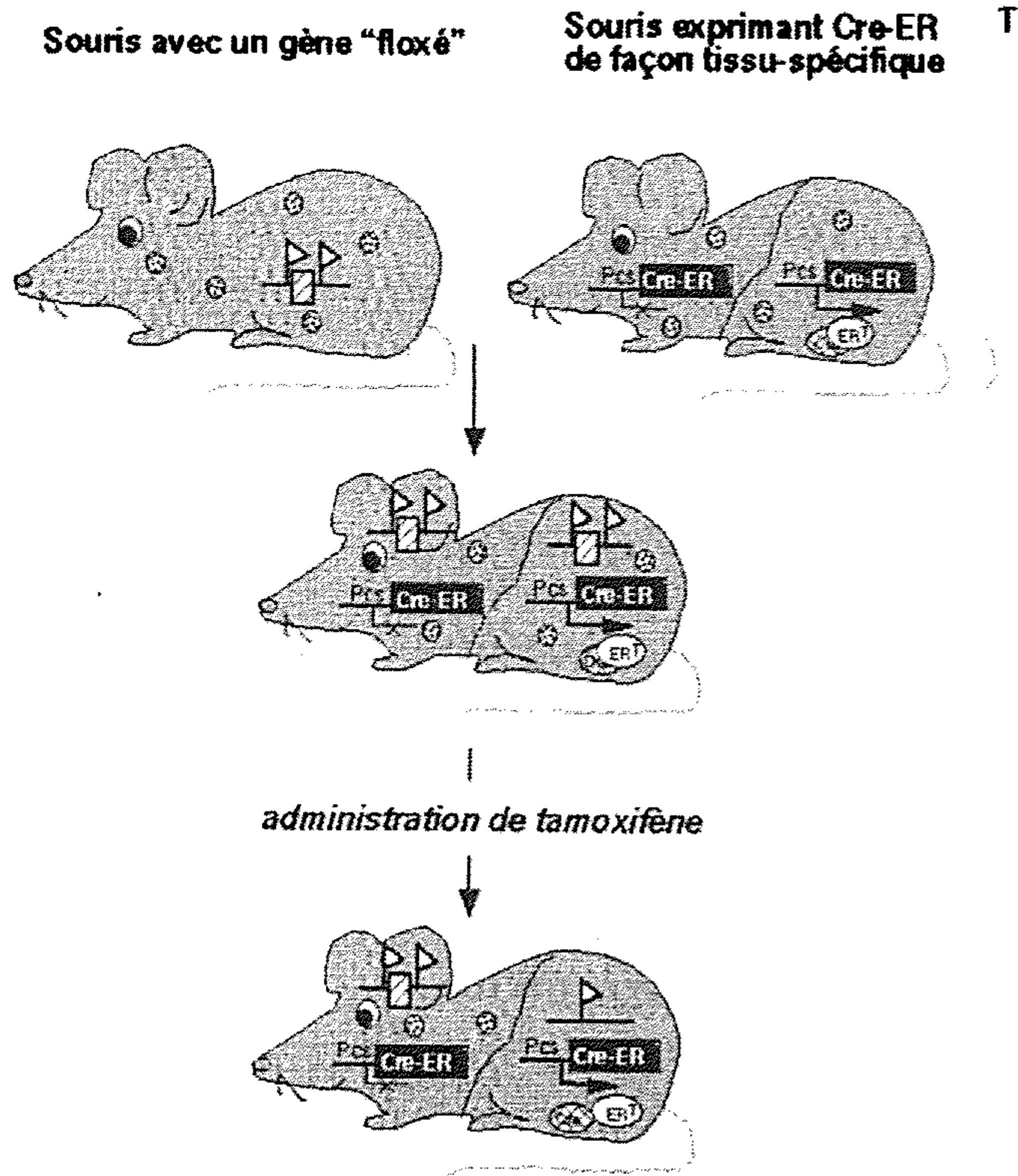
### الشكل (٥)

التطفير الجينى الجسدى

وعلى هذا النحو، توجد الأدوات التى تسمح بصورة نوعية بإلغاء جين معين فى لحظة مختارة. كما أن للفئران المحولة جينياً "كرى-إرت"  $Cre-ER^T$  فائدة كبرى فيما يتعلق بتحقيق سيطرة مكانية-زمانية على تعبير جين غريب. وبالفعل فإنه باستخدام إستراتيجية مماثلة لتلك المستخدمة أعلاه بالنسبة للجين "لاك ز"، من الممكن الحث بصورة نوعية لتعبير جين غريب من أجل دراسة وظيفته. ومن الممكن كذلك حث التعبير الخاص بجين سُمى فى سلالة خلوية محددة، وبالتالي الكبح بصورة نوعية للأنماط الخلوية لدى الفأر، من أجل دراسة الدور الفسيولوجى لهذه الخلايا داخل كائن عضوى معقد. ومن جهة أخرى فإنه باستقراء تعبير مسجل فى لحظة معينة، من الممكن تتبّع السلالات المتحدرة من خلية فى مجرى النمو،



أى صُنع نسب خلوى. وأخيراً فبإحاطة جين غريب بمواقع "لوكس بى"، يغدو من الممكن أن نقوم، بمحض إرادتنا، بإلغاء تعبير هذا الجين.



الشكل (٦)

التطهير الجينى الجسدى المشروط المسيطر عليه بطريقة مكانية-زمانية

## خلاصة

فى الوقت الحاضر، يملك العلماء إذن تحت تصرفهم عددًا من الأدوات من أجل تعديل جينوم الفأر، عن طريق التطوير الجينى "الكلاسيكى"، عن طريق الإلغاء المستهدف للجين، ومؤخرًا جدا عن طريق التطفير الجينى الجسدى المشروط. وهذه التقنيات بالغة التعقيد وباهظة التكلفة، غير أن لها تطبيقات بالغة الأهمية. ولنلاحظ مع هذا القيود الرئيسية المرتبطة باستخدام الفأر من أجل تحقيق نماذج حيوانية للأمراض البشرية. والواقع أن النمط الظاهرى الذى نحصل عليه بعد إلغاء جين ليس بالضرورة مطابقًا للمرض الجينى البشرى المناظر. وقد يكون هذا مرتبطًا بطرق كيميائية حيوية مختلفة بين النوعين، أو بحشو وظيفى أكثر أهمية لدى الفأر منها لدى الإنسان. وبالإضافة إلى هذا فإن بعض طرق وضع الإشارات signalisation قد تكون غائبة أو مختلفة من نوع إلى آخر. ونظرًا لأن تنظيم المخ ليس متطابقًا لدى الفأر والإنسان، فإن النتائج الناشئة عن دراسات أجريت لدى الفأر لن تكون قابلة للنقل مباشرة إلى الإنسان. وأخيرًا فنظرًا إلى أن مدة حياة الفأر أقصر كثيرًا من مدة حياة الإنسان، فإن الفأر ليس، بوجه عام، النموذج الأفضل لدراسة الأمراض الانحلالية dégénératives. كذلك فإن تقنيات التحويل الجينى تخضع لقيود جوهرية. وبالفعل فإن التسلسلات المشفرة للجين تكون مستخدمة بوجه عام، ومستنسخة إلى أسفل منطقة مثيرة ومن هنا فإن بعض عناصر التعبير الجينى تكون غائبة، مما يفضى إلى مستويات أو جوانب للتعبير مختلفة عن تلك الخاصة بالجين الداخلى. كما أن موقع اندماج التحويل الجينى يمكن أن يحدث تعديلات لتعبير الجين الغريب.

وفى أكثر من دراسة لوظيفة الجينات، ولتنظيم تعبيرها، ولتكوين نماذج حيوانية لأمراض بشرية، تكون للتحويل الجينى تطبيقات أخرى، خاصة إنتاج جزيئات ذات أهمية بيولوجية. وفى هذه الحالة، تستخدم عادة كائنات حية أكبر من الفأر، على سبيل المثال النعجة، أو الأرنب، أو البقرة. ومع هذا فإن التطفير الجينى

المستهدف للجينات ليس قابلاً للتحقيق في الوقت الحالي لدى هذه الحيوانات، حيث إن تقنيات الامتزاج الجيني المتمثل في الخلايا الجرعية غير متوفرة. كما ستكون لتقنيات التطهير الجيني المستخدمة لدى الفأر تطبيقات مثيرة في العلاج الجيني. وبالفعل فإن من المتوقع إحلال الجينات المطفرة، أو توجيه تعبير التحويل الجيني، في الخلايا الجسدية الناقصة المأخوذة من أمراض، وإعادة حقنها، بعد التعديل الجيني، في هؤلاء المرضى. وبالتالي فإن التحويل الوراثي، والتعديل الوراثي، والجينوم الوظيفي يجب أن تكون لها ثمار إيجابية عديدة للصحة البشرية. وحيث إن هذه التقنيات أكثر من واعدة جداً فإنها يجب أن تقدم الآن أدلتها بشأن الفعالية في الأجل الطويل وعدم إلحاق الأضرار مطلقاً بالبشر.

## نقل الجينات وتطبيقاته<sup>(٢٤)</sup>

بقلم: لوى-مارى أودبين

Louis-Marie HOUDEBINE

ترجمة: خليل كلفت

جعلتنا اكتشافات الخمسين عامًا السابقة نعتاد فكرة أن الحياة ليست سوى مجموع من التفاعلات الفيزيائية-الكيميائية التي تجرى داخل نطاقات مُحكمة الحدود، وهى الخلايا. وهذه التأثيرات تحدثها بجانب كبير منها بروتينات (إنزيمات، عوامل دموية، هرمونات، أجسام مضادة، إلخ). وتتألف بروتينات كل الكائنات الحية من نفس الأحماض الأمينية العشرين المتجمعة بعضها وراء بعض لتشكل سلاسل ذات أطوال مختلفة جدا. ويمكن أن تحتوى البروتينات على بعض الوحدات وحتى بضعة آلاف من الوحدات الأمينية. وعدد التوافق النظرية للأحماض الأمينية العشرين كبير جدا ولا يمثل مجموع البروتينات الموجودة سوى جانب ضئيل من هذه الإمكانيات. ويرتبط النشاط البيولوجي للبروتينات ارتباطًا مباشرًا بتسلسل الأحماض الأمينية ولكن بطريقة بالغة التعقيد. والسلاسل التى تشكل البروتينات تلتوى بطرق عديدة يحددها تسلسل الأحماض الأمينية. وهذه الالتواءات تشكل المواقع النشطة للبروتينات.

وقد ترافق اكتشاف البروتينات باتضاح وجود جزيء موجود فى كل مكان فى الكائنات الحية: حمض ديوكسى ريبو نيوكلييك l'acide désoxyribonucléique أو "دنا" DNA الذى يحتوى على المعلومات الوراثية.

---

(٢٤) نص المحاضرة رقم ٣٠ التى أقيمت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣٠ يناير ٢٠٠٠.

ويتألف هذا الجزيء من رابطة من الفوسفات والديوكسي ريبوز désoxyribose تكون معلقة عليها أربع أبنية تسمى قواعد bases ويرمز إليها بحروف ATGC.

وقد أوضحت ملاحظات كثيرة أن الجين تقوم بتكوينه منطقة من سلسلة "دنا" وأن الجين يتطابق بصورة أساسية مع بروتين. وسمحت دراسات تصنيفية بإثبات أن تعاقب القواعد داخل جين يحدد بصورة مباشرة تسلسل الأحماض الأمينية للبروتين المناظر وفقاً لشفرة شاملة: الشفرة الجينية. وعلى هذا النحو تحدد ثلاث قواعد متعاقبة أى حمض أميني يجب أن يشارك في تكوين البروتين.

وبالتالي يمكن النظر إلى "دنا" على أنه بنك معلومات تستخدمه الخلية حسب حاجاتها من البروتينات. وتتكون نسخة من جين في شكل حمض ريبونيوكلبيك الساعي acide ribonucléique messenger "رنا المرسل" RNAm بناء على طلب الخلية ويجرى فك شفرتها من أجل تركيب البروتين المناظر. وهذه الحقائق الثابتة منذ حوالي أربعين عاماً حددت بالفعل كل مبدأ الهندسة الوراثية. وبالفعل، إذا كانت الرسائل الجينية التي يحتوى عليها "دنا" غير محددة إلا بتعاقب القواعد الأربعة فإنه يجب أن يكون ممكناً تعديل هذه الرسائل بل حتى إعادة خلقها بمجرد أن نملك ناصية كيمياء "دنا" والواقع أن التقنيات الأساسية التي تسمح بتطويع "دنا" على هذا النحو جرى تحديدها منذ ما يزيد الآن قليلاً على عشرين عاماً وولدت معها الهندسة الوراثية التي صارت من الآن فصاعداً أداة واسعة الاستخدام للغاية في معامل عديدة.

ومن المسلم به أنه توجد استمرارية صارمة بين المادة غير المنظمة التي سبقت الانفجار العظيم big bang منذ خمسة عشر مليار عام والمادة البالغة التنظيم التي تؤلف الكائنات الحية التي ظهرت على الأرض منذ أربعة مليارات عام. وتمثل المعادن حالة من التعقيد المتوسط.

والكائنات الحية هي بدورها ذات تعقيد بالغ التغير يزداد من البكتريات إلى الثدييات وإلى الإنسان مروراً بالخمائر والنباتات. وبصورة منطقية للغاية، نكتشف

أن الكائنات الحية الأكثر تعقيداً هي تلك التي لها العدد الأكبر من الجينات. وهكذا فإن للبكتريات من ٣٥٠ إلى ٤٠٠٠ جين، والخمائر حوالي ٦٠٠٠، وأحد أصغر الحيوانات المعروفة بفصيلة النيماتودا (الخيوطيات) ١٩٠٩٩، والنباتات حوالي ٢٠٠٠٠، والإنسان حوالي ١٠٠٠٠٠ (وسوف يُعرف الرقم القريب من الحقيقة في غضون عام ٢٠٠٠). وهذه المعطيات كاشفة بصورة خاصة للطريقة التي جرى بها التطور من أجل نشوء الأنواع المختلفة. والواقع أن الثدييات أكثر تعقيداً بكثير من البكتريات غير أنها لا تزيد عليها مع هذا إلا بخمسين ضعفاً من الجينات. ويعرف علماء البيولوجيا بالفعل أن الجينات، والبروتينات، والجزيئات، التي تنشأ منها قدرة على التفاعل بطريقة متزايدة التعقيد كلما صار الكائن الحي ذاته أكثر تطوراً. وبالتالي فإن تعقيد الكائن الحي ينشأ على الأقل من توافق متزايدة التعقيد للجزيئات يؤلفها بقدر ما ينشأ من تراكم معلومات جينية أولية.

### من الجينات إلى الهندسة الوراثية

لهذه الوقائع تأثير مباشر وعميق على الخبرات التي تتطوى عليها الهندسة الوراثية. وتسمح التقنيات الراهنة عملياً virtuellement بفصل أي جين مهما كان، ودراسة بنيته، وتعديله، وإعادة إدخاله في خلية أو كائن حي. وهذه العملية الأخيرة من العمليات الأكثر أساسية. وبالفعل فإن الجين يمكن تشبيهه بشريط ممغنط. فكلاهما يحتويان على رسائل خطية مشفرة وسهلة التغيير. وهذه الرسائل هي في حد ذاتها خامدة. وليست لها أهمية إلا بالنواتج الناشئة عنها: صورة أو صوت في حالة، بروتين في حالة أخرى. وعلى كل حال يوجد اختلاف جوهري بين هذين النظامين؛ قارئ الشريط الممغنط لا مبالٍ بالرسالة التي يفك شفرتها وليس هذا هو الحال في أغلب الأحيان بالنسبة للجينات إلى حد أن البروتينات يمكن أن تؤثر على الخلية أو على الكائن الحي بكامله اللذين يقوم بتركيبهما.

ويمكن تشبيه الجين إلى حد ما بكمبيوتر صغير يحتوى على رسالة محددة. وبالتالي فإن إدخال جين معزول في خلية ومن باب أولى a fortiori في كائن حي

بأكمله يعيد ربط الكمبيوتر الصغير بشبكة من الكمبيوترات الصغيرة المترابطة والمتفاعلة بالفعل. ومثل هذا الدخول يمكنه أن يقوم بتخصيب الشبكة بطريقة متسقة أو على العكس أن يقوم بإيقاع الفوضى بعمق في أدائها.

وتقنية نقل الجينات<sup>(٢٥)</sup> transgenèse عملية تتمثل في إضافة جين غريب (أجنبي) étranger إلى كائن حي محدد بكامله (نباتات أو حيوانات) أو في إحلال جين آخر محل أحد جيناته. ومن الواضح تماما أنه في هذه الحالة أو الأخرى، لا يمكن أن تكون نتائج نقل الجينات متوقعة سلفا بصورة كاملة مثلما تكون معروفة خصائص الجين الغريب (الأجنبي) والبروتين المناظر. وبالتالي فإن نقل الجينات هو في جوهره عودة إلى المعقد au complexe، حيث إن فصل جين ودراسته في المختبر in vitro يمثلان على العكس دراسة اختزالية بصورة مقصودة. وبالتالي فإن النتائج المنطقية لنقل الجينات بصورة قبلية a priori تكون بصورة لا يمكن تفاديها غير معروفة جزئيا. والحقيقة أن إدارة المعقد الذي تمثله الزراعة وتربية الماشية تمثل نشاطا مألوفاً جداً بالنسبة للمجتمعات البشرية. ويتمثل الانتخاب الجيني كلاسيكا في كشف النتائج البيولوجية المهمة (التكاثر، مقاومة الأمراض، .. إلخ) التي تظهر بصورة عفوية لدى بعض الأفراد عشوائيا من إعادة توزيع الجينات عند التكاثر الجنسي والطفرات الناتجة عن أخطاء في نسخ "دنا". والحقيقة أن التناسل الممتاز للأفراد المحبوبين بصفات بيولوجية جذابة يقود بالتدريج إلى تأسيس السلالات أو الأعراق. وهذه الطريقة في الانتخاب أثبتت أهميتها إلى حد كبير ونحن نستفيد منها بشدة. ويمثل الانتخاب الكلاسيكي على كل حال عملية تتحقق في أكثر الأحيان بصورة عشوائية. وبالفعل فإن القائم بالانتخاب لا يعرف في أكثر الأحيان شيئا عن الجينات التي انتخبها ولا عن نتائجها الفردية. إن النتيجة العامة وحدها تؤخذ عادة في الاعتبار. ويتمثل تبديل الكرموزومات في الخلايا

---

(٢٥) transgenèse (نقل أو تقنية نقل الجينات): تقنية للبيولوجيا الجزيئية هدفها تحويل جينوم كائن حي متلق بإضافة جين إليه أو إحلاله فيه. (المترجم)

الرئيسية germinales فى إعادة توزيع جينات القرابة بطريقة عشوائية. وهذا ما يفسر كون أطفال نفس الزوجين مختلفين. ويتعلق تبديل كرموزومات القرابة بفصوص طويلة من "دنا" تحمل جينات عديدة متلاصقة. وبالتالي فإن انتخاب جين له فائدة بيولوجية متوقعة يترافق بصورة لا يمكن تفاديها مع الانتخاب المشترك لجينات متجاورة غير معروفة لا تكون نتائجها حسنة دائماً. وعلى هذا النحو فإن ثيراناً، وذكور خنازير، .. إلخ، محتفظ بها كفحول [للتعشير] نظراً لاحتمالاتها الوراثية المفيدة يتضح أحياناً فى الاستعمال أنها تحمل كذلك جيناً ضاراً تماماً بالنسبة للتربية. وبالتالي يجب القضاء على هذه الفحول وأحياناً ليس بدون أن يجلب هذا خسائر مالية كبيرة. ويصح الشيء نفسه على الانتخاب النباتى.

ويتفادى نقل الجينات، بصورة جوهرية، جزءاً مهماً من هذه النتائج غير المتوقعة. ذلك أن نقل الجينات الذى يمثله له نتائج متوقعة بجانبها الأكبر، بقدر ما تكون صفات الجين الغريب نفسها معروفة. ومن جهة أخرى فإن نقل الجينات لا يتطابق إلا مع تعديل جينى وحيد للكائن الحى. وبالتالي فإن نقل الجينات منظوراً إليه على هذا النحو يكون من حيث المبدأ أقل عشوائية من الانتخاب الكلاسيكى. ومع أخذ كل شيء فى الاعتبار، فإن الطفرات التى يتم الحصول عليها عن طريق نقل الجينات ليست بصورة عامة أكثر تعقيداً من تلك التى تحدثها الآليات الطبيعية فى كل دورة للتكاثر. وإدارة الكائنات الحية المحولة جينياً يمكن بالتالى أن تستلهم إدارة الكائنات الحية التى يحدثها الانتخاب الكلاسيكى.

### تقنيات نقل الجينات

ليس نقل جين معزول إلى كائن حى ظاهرة عفوية إلا بصورة استثنائية. وإذا لم يكن هذا هو الحال، ما كان من الممكن أن تكون وحدة الأنواع واقعاً حيث إن الكائنات الحية تكون فى أغلب الأحيان فى اتصال مباشر مع "دنا" الأنواع الأخرى. والفيروسات التى لا تتألف إلا من بضعة جينات مرتبطة ببروتينات لها



قدرة استثنائية على النفاذ إلى داخل الخلايا. وهذه العملية التي نسميها عدوى تعدّ أساسية بالنسبة للفيروس الذي يجب حتمًا أن يستخدم الآلية الخلوية التي حُرِّمَ منها لكي ينسخ نفسه. وبالتالي يحتاج إدخال الجين الغريب المخصص للحصول كائنات حية محولة جينيا إلى طرق تجريبية متباينة. ويتمثل الأكثر استخدامًا لدى الحيوانات في إجراء حقن صغير microinjection مباشر للجين المعزول في محلول داخل نواة أو ستيوبلازم جنين في طور خلية. وفي نسبة صغيرة من الحالات (في حدود ١٪) سوف يندمج الجين الغريب في "دنا" الجنين وينتقل على هذا النحو إلى الخلايا المتحدرة منه ثم إلى ذريته.

وهذه الطريقة لا يمكن تطبيقها على النباتات. وهناك تقنيتان يجري استخدامهما في أكثر الأحيان في هذه الحالة. وتتمثل إحداها في إدخال الجين الغريب في ناقل للعدوى مأخوذ من بكتريا. وتنفذ هذه البكتريا بسهولة إلى داخل الخلية النباتية وتندمج في "دنا" الخاص بها. ويجري استخدام الطريقة الأخرى للنباتات التي لا تستطيع الاستفادة بناقل العدوى. وهي تتمثل في الإدخال بالقوة لميكروبيلات microbilles معدنية مغلفة بـ "دنا" يحتوى على الجين الغريب في الخلايا النباتية عن طريق القذف بسرعة عالية. وفي كل من الحالتين، يجب أن يعقب نقل الجين تجديد كامل لنبات انطلاقًا من خلية تكون قد تعرضت للتعديل الجيني.

وإضافة جين هي العملية الأكثر بساطة كما أنها الأكثر تطبيقًا بكثير. وينعقد الأمل كذلك بشدة على الإحلال الخاص لجين. فهو يسمح في التطبيق بإحلال جين في كائن حي محل جين خامد (وهذا الأخير يعود إذن إلى إلغاء جين من الكائن الحي بالانتخاب) أو محل جين نشيط آخر. وهذه العملية ليست ممكنة في الواقع إلا عند الحيوانات (والكائنات الحية الدقيقة). وهي تعنى في الواقع أن الـ "دنا" الغريب الذي يحتوى على جين الإحلال يتعرف بصورة نوعية جدا على الجين المستهدف حتى يستطيع أن يحل محله عن طريق عملية امتزاج جيني<sup>(٢٦)</sup> recombinaison

---

(٢٦) recombinaison (الامتزاج الجيني): امتزاج الجينات مؤديًا إلى أن تظهر في السلالة سمات لم تكن

متمائل. وهذه العملية لا تتوّج في نهاية المطاف بالنجاح إلا إذا استطاعت الخلية التي حدث فيها الإحلال أن تنتج كائناً حياً بكامله. وهذا التجدد المعتاد بصورة شائعة للغاية لدى عدد كبير من النباتات صعب بصورة خاصة لدى الحيوانات. وفي التطبيق فإن الخلية الحيوانية المعدلة يجب أن تكون خلية جنين مبكر النضج قادرة، حالما يتم إدخالها في جنين مضيف مبكر النضج، على المشاركة في تطور الكائن الحي إلى أن يتم نقل الطفرة إلى السلالة. وهذه الطريقة الشاقة مستخدمة منذ أكثر من عشرة أعوام ولكن، لأسباب تقنية، لدى الفأر فقط. وبالتالي فإن إحلال الجين عن طريق إعادة ترتيب مماثلة جرى تخصيصه خلال عقد من الأعوام لهذا النوع وحده.

وهناك نهج آخر بالغ الإغراء يمكن من حيث المبدأ أن يستند إلى تقنية استنساخ الحيوانات. وتتمثل هذه التقنية التي تم ضبطها منذ حوالي خمسة عشر عاماً في إعادة تشكيل المعادل لجنين بإدخال مجموع الحيوانات المتحدرة من نفس الجرع (السلالة) stock المزدوج لكرموزومات خلية في بويضة أنثوية غير ناضجة ovocyte مستأصلة النواة قبل كل شيء. وخلال وقت طويل لم يكن هذا ممكناً إلا انطلاقاً من خلايا جنينية غير متميزة (كاملة القدرة)<sup>(٢٧)</sup> totipotentes وغير مزروعة. وقد سمحت تحسينات تقنية ضئيلة بالحصول على مستنسخات clones النعاج انطلاقاً من خلايا جنينية مزروعة كاملة القدرة (قبل ولادة النعجة دوللي Dolly بعام) ثم انطلاقاً من خلايا جنينية foetales متميزة وأخيراً من خلايا بالغة. وقد أجريت هذه التجارب بصورة أساسية لمحاولة تبسيط تقنية نقل الجينات. وبالفعل فإن من الممكن من حيث المبدأ نقل جينات غريبة إلى داخل خلايا مزروعة تستخدم بعد ذلك من أجل إيجاد حيوانات تصير محولة جينياً. وعلى هذا النحو فإن إضافة جينات توّجت بالنجاح (ولادة پوللي Polly) بعد ولادة دوللي بعام

---

موجودة مجتمعة لدى الوالدين. (المترجم)

(٢٧) totipotent (كامل القدرة): وصف لخلايا جنينية غير متميزة بعد قدرة على أن تتطور إلى كائن حي بكامله، مثلاً: المشيج (خلية تناسلية جنسية). (المترجم)

واحد. وفي عام ١٩٩٩، أمكن الحصول على إحلال جينات لدى النعاج عن طريق الامتزاج الجيني المتمثل بنفس الطريقة.

وقد جرى تبسيط إضافة جينات على هذا النحو وصار إحلال جينات ممكناً لدى الحيوانات المجترة الأليفة ومن المرجح جداً لدى أنواع أخرى في المستقبل.

وأجزاء "دنا" التي جرى استخدامها من أجل نقل الجينات مصنوعة بصورة عامة في المختبر من أجل توجيه التعبير<sup>(٢٨)</sup> expression للجين الغريب (الأجنبي) بصورة خاصة إلى داخل نسيج بعينه. والمعرفة المحدودة التي نملكها في الحقيقة بنمط أداء الجينات ما تزال لا تسمح إلا بنهج تجريبي empirique عقلاني في تكوين الجينات الغريبة (الأجنبية) المقبلة. وهناك منجزات سريعة أخيرة في هذا المجال تدعنا نتوقع في مستقبل قريب جداً سيطرة مُرضية على أداء الجينات الغريبة في معظم الحالات.

### تطبيقات تقنية نقل الجينات

منذ بداياته لدى الحيوانات في ١٩٨١ ثم في ١٩٨٣ لدى النباتات، كان يجري تعريف تقنية نقل الجينات transgenèse قبل كل شيء على أنها أداة بحث. والواقع أن إضافة أو سحب معلومة جينية في كائن حي بكامله أداة لا مناص منها لتحديد الآليات الجزيئية التي تسيطر على أداء الجينات ودور الجينات ذاتها في التعبير الجيني عن الوظائف البيولوجية. والواقع أن التحديد المنهجي والمكثف لجينات بعض الكائنات الحية عن طريق التحديد الكامل لترتيب تسلسلات "دنا" الخاص بها سوف يعقبه منطقياً استخدام أكثف لنقل الجينات لدى بعض الكائنات الحية النموذجية مثل الفأر والتبغ.

---

(٢٨) expression (التعبير الجيني): مجموع عمليات نقل جين إلى داخل "رنا" ويتجسد هذا الأخير في بروتين. (المترجم)

والحقيقة أن السيطرة على الحياة du vivant التى يمثلها نقل الجينات جعلت تطبيقات جديدة ممكنة فى مجال الطب وعلم الزراعة. كما أن دراسة الأمراض البشرية لا يمكن أن تستغنى عن نماذج حيوانية. والنماذج الملائمة الناتجة عن الطفرات العفوية نادرة. وفى أفضل الأحوال، يمكن الحصول على نماذج ثمينة بصورة خاصة عن طريق إضافة أو إحلال جينات. والفأر على وجه الخصوص هو المطلوب بسبب التكلفة الضئيلة لاستخدامه. وهناك أنواع أخرى تكون ضرورية أحياناً لأسباب شتى، وهذه على وجه الخصوص حالة الجرذ، والأرنب، والخنزير، والرئيسات<sup>(٢٩)</sup> primates غير البشرية. وفى الآونة الأخيرة صار هذا النهج التجريبي أبسط وأكثر فائدة كإمكانية كامنة فى أعقاب تحسين تقنيات نقل الجينات.

وقد ظلت الحيوانات والنباتات منذ أزمنة سحيقة مصدر المواد التى حبتها الطبيعة بخصائص صيدلانية. وهذه المواد لم تكن، فى السابق، بروتينات إلا بصورة نادرة. وإلى عهد قريب فى الواقع، كان عدد صغير نسبياً من البروتينات معروفاً وكان قلة منها فقط هى التى يمكن استخلاصها ليتناولها الإنسان. كانت هذه حالة إنسولين الخنزير لعلاج مرضى السكر. وتقدم الهندسة الوراثية الإمكانية للاستحضار بالفعل لأى بروتين مهما كان بوفرة عن طريق نقل البروتين المناظر إلى داخل بكتريات، أو خمائر، أو نباتات، أو حيوانات. ويأتى إنسولين وهرمون النمو البشرى من الآن فصاعداً بصورة أساسية من بكتريات ممتزجة جينياً. كما جرى الحصول على عشرات عديدة من البروتينات ذات الأهمية الصيدلانية انطلاقاً من لبن الحيوانات أو من النباتات المحولة جينياً. ومن المتوقع أن يوضع أول بروتين مستخلص على هذا النحو من اللبن فى الأسواق فى عام ٢٠٠٠. وسوف تعقب مواد أخرى كثيرة ويمكن أن نعتبر أن فرعاً جديداً من الصناعة الصيدلانية قد نشأ.

---

(٢٩) primates (الرئيسات): رتبة من الثدييات البشرية وغير البشرية. (المترجم)

ويمكن أن يلعب نقل الجينات دوراً حاسماً في مجال تطعيمات الأعضاء. ويموت عدة آلاف شخص كل عام في فرنسا بسبب نقص الطعم البشري. والواقع أن استحالة العلاج القائمة والتي سوف تستمر وقتاً طويلاً دون شك في هذا الموقف أبرزت فكرة قديمة بالفعل. إن بعض أعضاء أو خلايا الحيوانات وبصورة خاصة أعضاء أو خلايا الخنزير من المحتمل أن يكون من الممكن استخدامها بدلاً من المواد البشرية. والواقع أن الرفض العنيف للغاية للأعضاء الحيوانية منع التطعيمات غير البشرية xénogreffes<sup>(٣٠)</sup> إلى الآن من أن تصبح واقعاً. وقد جرى تحقيق نجاحات جزئية ولكن فعلية حقا في العقد الأخير من القرن العشرين. فقلوب وكلى الخنازير المعالجة جينياً التي تؤوى جينات قادرة على كبح جهاز المتمم complément<sup>(٣١)</sup> البشري المسئول عن الرفض البالغ الحدة للعناصر الغريبة (الأجنبية) استطاعت أن تظل باقية، ومندمجة، خلال عدة أسابيع بعد أن جرى تطعيمها من قرود.

وتبقى عقبات كثيرة، تشمل مجال معرفة آليات الرفض، ينبغي اجتيازها بحيث يصير الطعم غير البشري واقعاً طبياً. وعلى كل حال فإن الطعم غير البشري يمكن في المستقبل أن يخص الخلايا الأكثر خضوعاً للرفض أكثر من الأعضاء. والإثبات الحديث لواقع أن الخلايا الجنينية البشرية يمكن أن تتميز في المختبر إلى خلايا جزعية للأعضاء يدعنا نعتقد أن الخلايا البشرية المعدة بهذه الطريقة قد تستخدم في المستقبل بدلاً من مثيلاتها ذات الأصل الخنزيري. ويدفع الموقف الراهن إلى أن نتصور أن الطعم غير البشري أو الطعم انطلاقاً من الخلايا البشرية المتميزة قد يجري الاحتفاظ بها كوسيلة علاجية حالة بحالة حسب المشكلات التي ينبغي حلها. إن نقل جينات إلى داخل خلايا أو عن طريق تقنية نقل الجينات قد يسمح للخلايا الخنزيرية ليس فقط بتقبلها بصورة أفضل بل أيضاً بجلب

---

(٣٠) xénogreffes: التطعيمات من مصدر حيواني غير بشري مزروعة في الإنسان. (المترجم)

(٣١) complément (المتمم): مادة معقدة مكونة من بروتينات عديدة موجودة في المصل ويستقر في الأجسام المضادة. (المترجم)

بروتينات ذات مفعول علاجي. وبالتالي فقد يتحقق علاج جيني في نفس الوقت مع علاج خلوي.

وتبدأ التطبيقات الزراعية لنقل الجينات في أن تكون بالغة الأهمية، فيما يتعلق بالنباتات. وهي، لأسباب تقنية، ناشئة منذ وقت قصير جدا لدى الحيوانات. ويسمح نقل الجينات في حالات بعينها بمنح النباتات والحيوانات مقاومة ضد الأمراض. ويتجسد هذا أو سوف يتجسد في أدنى استخدام للمبيدات الحشرية والمضادات الحيوية وكذلك في تبسيط لمهمة المزارعين ومربي الماشية. ومقاومة الحيوانات للأمراض التي صارت على هذا النحو قابلة للنقل جينيا أمامها من جهة أخرى كل فرص الحد من معاناة الحيوانات، والسماح باستهلاك لحوم أكثر صحية، وإنقاص تواتر أمراض الزونوز zoonoses.<sup>(٣٢)</sup>

وبعض مشروعات نقل الجينات ليس لها هدف آخر سوى خفض التلوث. وعلى هذا النحو فإن الخزائر التجريبية المحولة جينيا ترفض أقل مثليين من الفوسفات في البيئة. وهناك نباتات محولة جينيا جرى تصميمها بصورة خاصة بحيث تحبس بعض الأيونات المعدنية السامة الموجودة بصورة عفوية في التربة أو المتولدة في أعقاب نشاط صناعي.

كما جرى الحصول عن طريق نقل الجينات على نباتات قادرة على أن تنمو في تربات مالحة وقلوية غير صالحة للزراعة. ويسمح هذا بالتطلع إلى غزو أراض جديدة.

والتعديل الطوعي لتركيب النباتات والحيوانات عن طريق تقنية نقل الجينات يمكن أن يسمح بأن يُقدّم للمستهلكين أغذية أغنى بالعناصر الأساسية بل حتى أطيب مذاقا. وهناك مثال بليغ هو الأرز الذهبي اللون القادر على أن يجلب المزيد من فيتامين [ أ ] لأربعمائة مليون من الكائنات البشرية الذين يفتقرون إليه ويكونون

---

(٣٢) zoonose (زونوز): مرض حيواني ينتقل بالعدوى إلى الإنسان. (المترجم)

مهددين بأن يصيروا عمياناً وكذلك من الحديد لأربعة مليارات من الأشخاص الذين يعانون نقص التغذية. ولابد من القيام بنقل جينات عديدة لتحقيق هذه الغاية.

كما أن من المتوقع إجراء تحسينات شتى للمنتجات الحيوانية. وهى تتعلق بتركيب اللبن، والدهون، والهيكل العظمى، والصوف، ..إلخ.

ومن المفيد أن نذكر أيضاً أن النباتات التى هى الآن المصدر للجزيئات غير المخصصة للتغذية البشرية أو الحيوانية سوف يجرى بصورة متزايدة ترويضها لتنفيذ كقاعدة لتصنيع اللدائن المتحللة بيولوجياً biodegradables، والوقود، ..إلخ، كما أن نقل الجينات يمكن أن يقدم فى بعض الحالات حلاً فريدة أو أصلية ومُرضية للغاية.

### المشكلات التى يطرحها نقل الجينات

والواقع أن نقل الجينات يُنظر إليه بصورة خاصة من حيث تطبيقاته الهامشية جداً ولكن المذهلة فى مجال التغذية البشرية. والكائنات الحية المعدلة جينياً organismes génétiquement modifiés لها سمعة سيئة جداً. وهذا الواقع لا ينفك يدهش غالبية علماء البيولوجيا الذين يعتبرون أن تقنية نقل الجينات المطبقة على الغذاء هى بصورة قَبْلِيَّة a priori واحدة من التقنيات الجبارة الأقل خطورة التى اخترعتها البشرية. حقا إن كائناً حياً محولاً جينياً هو بحكم التعريف غير معروف جزئياً، غير أن هذا هو الحال أيضاً مع كائن حى يتم الحصول عليه عن طريق الانتخاب الكلاسيكى أو مع غذاء مجلوب. ولابد لاختبارات كلاسيكية للسمية toxicité، والسرطنة oncogénicité، والأليرجية (الاستهدافية، الحساسية) allergénicité، مقترنة بقدرة تتبُّع traçabilité معقولة من أن تكون قادرة على خفض المخاطر إلى مستوى أدنى بكثير من المستوى الخاص بتقنيات كثيرة أخرى مقبولة تماماً بصورة عامة. ولا جدال فى أن بعض النباتات، محولة وراثياً أم لا،

تطرح مشكلات بيئية لا يمكن تقييم أهميتها بسهولة. والواقع أنه لا يمكن للنماذج العملية إلا بصعوبة أن تأخذ في اعتبارها بطريقة مُرضية عوامل ثابتة paramètres مثل المكان والزمان. ويواجه خبراء البيوتكنولوجيا بعض الصعوبات في تصور كيف يمكن لأعمالهم في مجال الأجرانوميا أن تقلل الضحايا بمقدار عشرة أمثال أو مائة أمثال ضحايا السيارات. والتحفظات الراهنة لدى المستهلكين ليست على كل حال غير مفهومة. ذلك أن كل مستحدث يخيف. والإدانات الراهنة للكائنات الحية المعدلة وراثيا تشبه تلك التي أثارته اللقاحات منذ قرن. صحيح أن التضليل الإعلامي الذي وصل إلى مستوى غير مألوف لم يَقم إلا بتغذية التشوِش. والواقع أن النقاد إزاء الكائنات الحية المعدلة وراثيا مدفوعون في كثير من الأحيان ضد المجتمع الليبرالي السيء التنظيم أكثر مما ضد التقنية نفسها. كما أن الكائنات الحية المعدلة وراثيا تَغطى في الوقت الراهن تكاليفها. صحيح أن استخدامها لا ينبغي أن يسقط تحت سلطة الشركات التي تحتفظ باحتكارات فعلية. ويبين الحصول على الأرز الذهبي اللون الذي يموله الاتحاد الأوروبي ومؤسسة روكيفيلر أن الموقف أكثر انفتاحًا وتنوعًا بكثير مما يدعى البعض. كما أن تحفظات البلدان الغنية إزاء الكائنات الحية المعدلة وراثيا لا تشاطر فيها تلك البلدان التي تعاني نقصًا غذائيًا. ويستهلك الصينيون أو يستخدمون في الواقع سبعة نباتات محولة وراثيا. ولا يبدو أن هذه الزراعات تحدث بلا ضوابط. والواقع أن المزارعين الصينيين يستندون إلى نتائج التجارب التي أجريت في البلدان المتقدمة وخاصة في الولايات المتحدة. ولا يمكن لمستقبل الزراعة أن يركز على عودة إلى التقنيات القديمة، تمامًا كما أن الطب التقليدي لا يمكن أن يكون علاجًا لبعض انحرافات التطبيقات الطبية الحديثة. ويبدو تطبيق معقول للتقنيات الأجرانومية الحديثة، بما في ذلك تقنية نقل الجينات، أكثر ملاءمة. وإزاء الطلب المتزايد من المستهلكين البشر، يدعو مبدأ الاحتياط إلى أن نضع تحت تصرفنا كل تقنيات نقل الجينات للوصول إلى الحد الأمثل بالمنتجات النباتية والحيوانية، مع احتمال عدم استخدامها إذا تبين أنه توجد بدائل حالة بحالة فعالة بنفس القدر.



ونقل الجينات مطبقا على النوع البشرى ممكن من حيث المبدأ. فكل العالم أو كله تقريباً يتفق على اعتبار أن مثل هذه العملية لا ينبغي أن تقتضى أى مخاطرة تقنية ولا تتعلق إلا بأنشطة علاجية. والشرط الأول غير مستوفى فى واقع الأمر غير أننا يمكن أن نتصور أن هذا سيكون هو الحال ذات يوم. والعلاجات الجينية الرشيمية germinale لا يمكن أن تتعلق بصورة معقولة إلا بإحلال الجينات المسؤولة عن الأمراض البشرية بمثيلاتها غير المطفورة mutés. وهذا النوع من العملية صعب، ومن المحتمل أن يبقى صعباً، وينبغي أن تقتزن بضوابط صارمة لضمان أن التعديل الوراثى المحدث هو بالضبط نفس التعديل الذى توقعناه. وهذا النهج العلاجى قد يدخل فى تنافس مباشر مع تصنيف الأجنة التى تحمل الجينات المعيبة. وهناك مجال واسع لاعتقاد أن الحل الثانى سوف يبدو فى أغلب الأحيان أنه المرضى أكثر.

والحقيقة أن تعديل الميراث الجينى لكائن بشرى غير مخصص بصورة صارمة لإحلال جين سليم محل جين معيب يبدو من الصعب توقعه بلا مخاطرة. وتبدو إضافة جين، لمنح مقاومة إزاء مرض مُعدٍ، مغرية للوهلة الأولى. فلا أحد يمكن أن يتوقع سلفاً كل تأثيرات نقل الجينات كما أن ما هو مقبول من أجل الحيوانات والنباتات لا يعود كذلك من أجل النوع البشرى. ومن المعقول إجراء نقل الجينات القابلة للرجوع. ولا يبدو هذا كافياً لتبرير استخدام هذه التقنية من أجل النوع البشرى. وربما ستجد الأجيال التى سوف تأتى بعدنا من المشروع والمأمول تعديل الميراث الجينى البشرى لشتى أنواع الأسباب المعقولة. وفى الواقع يمكن على سبيل المثال أن نأمل فى أن تكون الكائنات البشرية أهدأ وأقل شراسة تجاه نظائريهم أو بصورة أكثر تواضعاً فى أن يتمتعوا بشيخوخة مريحة بيولوجياً. وليس من المؤكد فى شيء أن نقل الجينات يستطيع، فى أفضل الأحوال، أن يأتى بحل لمشكلات معقدة إلى هذا الحد. ومهما يكن من شيء فلا شك فى أنه سيكون من الغرور أن نقوم بالإدانة سلفاً لقرارات ذريتنا. وكيفينا، فى الواقع، أن نكون متوافقين تماماً مع اقتناعائنا الراهنة. فهى تبين لنا دون إبهام أن نقل الجينات لا يجب تطبيقه على النوع البشرى.

## الرهانات الأخلاقية

### لعلم الوراثة<sup>(٣٣)</sup>

بقلم: أكسيل كاهان

Axel KAHN

ترجمة: خليل كلفت

كان لعلوم الحياة دائماً صدى فردى واجتماعى وأحياناً سياسى بالغ الخصوصية. ذلك أن العالم الحى، الذى ينتمى إليه الإنسان، يُنظر إليه تقليدياً على أنه يرتبط بالمجال الإلهى. وفضلاً عن هذا فإن المذهب الحيوى، وهو نسق فكرى يستبعد جوهر حياة العمليات النفسية-الكيميائية وينطبق على عالم الجماد، استمر حتى بداية قرننا، باقياً بالتالى خلال قرون عديدة من أعوام نشأة الروح العلمية فى أوروبا إلى القرن السابع عشر.

وفى القرن التاسع عشر، أطلقت نظرية التطور، التى تنطبق على الإنسان وتجرده بالتالى من امتياز خلقه على صورة الرب، موجة من الصدمة ماتزال نتائجها ملموسة اليوم. والواقع أن الأيديولوجيات الكبرى التى ميزت القرن العشرين، وبصورة خاصة الإيوجينية<sup>(٣٤)</sup> eugénisme والعنصرية، استعارت بكثافة من علم التطور ما بدا لها أنه ذو طابع يعزز أفكارها المسبقة.

---

(٣٣) نص المحاضرة رقم ٣١ التى أقيمت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣١ يناير ٢٠٠٠.

(٣٤) (نسبة إلى) إيوجينية eugénisme أو إيوجينيك eugénique: علم وتقنية وسائل تحسين نسل النوع البشرى سعياً وراء استحداث صفات إيجابية (الإيوجينيك الإيجابى) أو إزالة الأمراض الوراثية (الإيوجينيك السلبي)، وكلمة eugenics وهى الاسم الإنجليزى لهذا العلم من نحت مؤسسه العالم الإنجليزى فرانسيس جالتون Francis Galton ١٨٢٢-١٩١١. (المترجم)

وعلم الوراثة، أى دراسة القوانين التى تحكم انتقال الصفات الوراثية، ما يزال علماً أحدث حيث إنه، بعد أن نشأ من أعمال جريجور مندل Gregor Mendel فى ١٨٦٥، لم تجر إعادة اكتشافه، بصورة مستقلة عن تلك الأعمال، إلا فى بداية القرن العشرين. والحقيقة أن علم الوراثة قام بتعديل مفهوم الأيديولوجيات ذات الجذور الراسخة فى تصور منحرف عن التطور أكثر مما قام بخلقها. ومع ذلك فإن هذا العلم، مطبقاً على الإنسان، قد تشبث كهدف له بأن يحدد أصل الصفات البشرية، والتشابهات والاختلافات، وانتقالها عبر النسل. ومن المحتمل أن تكون كل هذه المسائل هى المسائل التى تطرحها المجتمعات البشرية منذ البداية، بحيث إن علم الوراثة، بعد مفهوم التطور، كان لامناص خلال تاريخ القرن العشرين من أن تكون له تأثيرات أكثر من كل علم آخر. والواقع أن الجين سرعان ما صار العنصر الأساسى المجسّد للتصورات الحتمية الجبرية القديمة وللبرامج الإيوجينية والعنصرية. ومنذ عهود التاريخ السحيقة، يعتبر البشر أن المصير مكتوب. ومع علم الوراثة، ألا نقرّ بأنه كان مكتوباً بلغة الجينات؟ ولهذا جرى فهم الإيوجينية، أى تطبيق سياسات طوعية لتحسين المجتمعات البشرية، على أنها مجموع الأنشطة الهادفة إلى الحد من انتشار الجينات السيئة بين السكان. أما الأعراق races، منظوراً إليها مسبقاً على أنها أدنى لأنها على مستوى أقل من التطور البشرى، فقد جرى تعريفها بنوعيتها الجينية الضعيفة. ويتذكر الجميع الأحوال المرتكبة باسم الإيوجينية والعرقية، باسم الجينات! وبعد الحرب كان لا مناص إلى حد كبير من أن يؤدى رعب المجتمعات الديمقراطية عند اكتشاف مدى الخسائر التى أحدثتها هذه الأيديولوجيات إلى تحرير العلوم البيولوجية، وبصورة خاصة علم الوراثة، من غلافها الأيديولوجى.

وتسمح نظرية التطور بتوقع أن تكون للآليات التى تحكم كل الكائنات العضوية الحية نفس الطابع، حيث إن كل الكائنات الحية تنشأ من شكل بذاته للحياة الأصلية. وهذا هو ما يعزز عالمية الشفرة الجينية، أى القواعد التى تسمح بتفسير الخصائص البيولوجية للخلايا الحية انطلاقاً من تسلسل الحروف التى تشكل مادتها

الجينية. ومنذ ١٩٧٣، انتهى توافر أدوات الهندسة الوراثية إلى إثبات إضافي للاستنتاجات المستخلصة من نظرية التطور. ذلك أن كل جين، منتم إلى كائن حي أيا كان، يمكن أن يقوم بوظيفته حينما يجرى نقله إلى كائن عضوي حي آخر. ويعنى هذا أن من الممكن إخضاع أى كائن مهما كان جينياً لشكل البرنامج الجيني لكائن حي آخر، ببساطة عن طريق نقل جينات. وبالتالي فإن انفجار منجزات البيولوجيا خلال الخمسة والعشرين عامًا الأخيرة من قرننا هو الذى يجد تصويراً بليغاً في البرامج الجينومية.

وقبل عامين إلى ثلاثة أعوام، سوف نعرف تسلسل حوالى ثلاثة مليارات وأربعمائة ألف حرف تشكل جينومنا، أى جزيئات "دنا" لكروموزوماتنا التى تكون الدعامة الجزيئية لجيناتنا التى تبلغ حوالى ثمانين ألف إلى مائة ألف. وتتج الرهانات الأخلاقية لهذه المنجزات العلمية فى آن واحد معاً من الطابع الملموس لعلم الوراثة، الضحية المثالية لكل أيديولوجيات الوصم، وضخامة المعارف والأدوات الجديدة المتولدة. وفى زمن الهندسة الوراثية والبرامج الجينومية، توجد على المستوى البيولوجى وحدة عميقة للعالم الحى لا يفلت منها عالم الإنسان، الذى يمكن الوصول إليه بنفس مناهج الدراسة والتعديل الجيني مثل أى كائن حي آخر، حيوانى أو نباتى أو ميكروبى. وبالتالي فإن البحث عن الجوهر البشرى بين تعرجات الجينوم محكوم عليه بالإخفاق، منتهياً إلى إنكار نوعية ما هو بشرى. والحقيقة أن العالم البيولوجى، مركزاً عينه على قيام الخلايا بوظائفها، يخطر بإهمال ما هو أكثر تمييزاً لعملية الأنسنة<sup>(٣٥)</sup> hominisation، أى البناء من الخارج للثديى البشرى، لجيناته، ولعالمه الرمزي، والثقافى، ومعارفه، والذى يغنيه الإنسان جيلاً بعد جيل. وإنما بعد الإشباع بهذا العالم الفكرى الذى خلقه بصورة تصاعدية يأخذ الحيوان الرئيس primate فى التأنسن متحولاً إلى الإنسان العاقل homo

---

(٣٥) hominisation (الأنسنة): تحول حيوان ثديى رئيس إلى إنسان (homo sapiens = الإنسان العاقل).  
(المترجم)

sapiens. ومع هذا فإن الخصائص البيولوجية للدماغ البشرى، المسجلة فى جينات الإنسان، هى التى تحكم بطبيعة الحال حساسيته إزاء السمات الرمزية، والثقافية، والتعليمية. وبالمقابل فإن القدرات العقلية للإنسان، المتشكلة على هذا النحو بفعل التثاقف acculturation، هى التى تسمح له بالإسهام فى إثراء العالم الثقافى والمعارف.

والخطر كبير فى أن كل أولئك المقتنعين بالفعل بأن القدر البشرى محدّد ببُعده البيولوجى سوف يجدون أنه يعززهم فى أحكامهم المسبقة تقديم معين لبرنامج الجينوم البشرى وكذلك التفسير السريع لعدد من الدراسات الجينية، وبصورة خاصة تلك التى تستند إلى السلوكيات. القدر مكتوب، هكذا فكر الإغريق. إنه مدوّن فى كائنات بيولوجية خاضعة لآليات التطور، هكذا تقترح القراءة الاجتماعية للبيولوجيا الدارونية. ويمكن أن نقرأه فى هذا الكتاب الكبير للإنسان الذى يمثله الجينوم البشرى، كما يدع أنفسهم باحثون وراثيون متهورون أو مشبهون أيديولوجيا يذهبون أحياناً إلى حد تأكيد ذلك.

وواقع مثل هذا الخطر يجرى توضيحه عملياً كل أسبوع فى المطبوعات العلمية والتقرير الذى تستخلصه منها وسائل الإعلام غير المتخصصة. ونعلم بالفعل أنها كانت منحصرة، محددة النوع، بل حتى مختبرة، باعتبارها جينات الحب الأمومى، العنف، حب الاستطلاع الفكرى، الإخلاص الذكورى، الجنسية المثلية... بل حتى الذكاء. والواقع أن الإنجازات الحديثة لعلم الوراثة والبيولوجيا العصبية neurobiology الجزيئية لا تقول شيئاً من هذا القبيل. إن ما يحكم الجينات البشرية إنما هى اللدونة<sup>(٣٦)</sup> plasticité المخية، أى حساسية مخ الإنسان للانطباعات التى يتركها الوسط الاجتماعى الثقافى. فهى بالتالى وسيلة إرخاء شدّ ملزمة السلوكيات الفطرية التى تخضع لها بصرامة الثدييات غير البشرية. وعلى هذا فإن الجينات البشرية هى وسيلة الحرية أكثر منها نهايتها.

---

(٣٦) plasticité (اللدونة): قابلية الشكل. (المترجم)

وهذا لا يمنع أن يكون من غير المعقول رفض كل شكل للجبرية الجينية: الجينات، وهذا هو تعريفها، هي حقا محددات *déterminants* لخصائص بيولوجية. وواقع أن هذه الأخيرة تتوقف في كثير من الأحيان على تدخل جينات عديدة وتتنوع وفقا لسياق البيئة لا ينتزع شيئا من هذا الواقع الذي يؤسس علم الوراثة. وفي الطب، يتجلى ذلك بحكم واقع أن من الممكن أن يصنف كل الأمراض البشرية بمقياس واحد. وإلى يسار هذا الأخير توجد الأمراض التي يحددها بصورة كاملة تقريباً إفساد الجين. إذ أن كل شخص يكون قد ورث جيناً مفسداً أو جينين مفسدين من والديه، بمقتضى نمط التوريث الجيني، سيطور المرض. وهذه هي حالة الهيموفيليا<sup>(٣٧)</sup> *hémophilie* والليفة الكيسية *mucoviscidose*، والتهاب العضلات *myopathie de Duchenne*، ومرض هنتجتون *chorée Huntington*، إلخ، وإلى اليمين قليلا من هذا الموضع تأخذ مكانها أمراض تكون معتمدة للغاية على إفساد جين، غير أن "انتشارها" أي هنا الخطر المرتبط بها ليس كليا. وبالتالي فإن أشخاصا ورثوا نسخة من جين مطفور *muté* لقابلية الإصابة بسرطان الصدر أو سرطان القولون ستكون لديهم فرص بين ٥٠٪ و ٧٥٪ للإصابة بهذين الورمين، غير أن بعض الأشخاص سوف ينجون من الإصابة بهما. وإلى اليمين أكثر أيضا يوجد عدد من الأمراض الشائعة التي تتحدد جزئيا بالتكوين الجيني، وفي كثير من الأحيان بجينات عديدة، ولكن أيضا بجانب كبير جدا منها بعادات الحياة والبيئة. ويمكن الاستشهاد هنا بالحساسية لأنواع العدوى، ولسرطانات عديدة جدا، وللأمراض القلبية-الوعائية، وتصلب الشرايين، وارتفاع ضغط الدم الشرياني، والأشكال الشائعة من مرض السكر والسمنة و، من المحتمل، لعدد من الأمراض النفسية. وأخيراً، وإلى اليمين تماماً من مقياسنا نصنف الأمراض التي بدون أساس وراثي، قبل كل شيء ذات أصل سُمِّيَّ أو عرضي. والتواتر الكبير للأمراض التي لها محددات وراثية، مطلقة أو نسبية، ماثل في بدء ازدياد ما سُمِّيَ "الطب التقديرى"، أو بالأحرى، إذا استخدمنا تسمية أفضل ملائمة، الطب التوقعي، وعندما

---

(٣٧) *hémophilie* هيموفيليا: مرض وراثي تورثه النساء، ويظهر عند الأفراد الذكور، ويرجع إلى تغير في جين يحمله كروموزوم جنسي، ويتجسد في عجز الدم عن التجلط. (المترجم)

تسمح إمكانية توقع حدوث مرض بتفاديه، أو بالأحرى بتخفيف خطورته، فإن مثل هذا التوقع الجيني يشكل نجاحًا كبيرًا للطب. ومع هذا فما أكثر المواقف التي ما يزال لا يسمح فيها التوقع بالوقاية. وثقيلة هي التهديدات على التوازن السيكولوجي للأشخاص، ومثل هذه التوقعات تصب في العجز العلاجي وقلما تكون لها أهمية طبية. غير أن إمكانية توقع المصير البيولوجي للأفراد له أهمية كبيرة بالنسبة لعدد من قطاعات النشاط: التأمين الخاص، الذي قد يكسب من تحديد مجموعات متجانسة من المخاطر التي يمكن إخضاع أفرادها لتعرفات تفاضلية؛ اختيار المرشحين لوظيفة بأجر، إذا سمحت الفحوص الجينية بالوصول إلى الحد الأمثل بالتلاؤم بين المستخدمين ومنصب العمل؛ القرض البنكي، ..إلخ، إن تعميم مثل هذه الممارسات، التي لا يمكن إنكار منطقتها الاقتصادية، قد ينتهي لا أكثر ولا أقل إلى اضطراب في مجتمعاتنا. والواقع أن الوهم الذي وفقًا له يولد كل البشر ويقتون متساوين في الكرامة والحقوق يمكن أن يجرى التخلي عنه لأن الحقوق الفعلية للأشخاص لا يمكن أن تكون أكثر من تلك التي تتركها لهم جيناتهم.

وبطبيعة الحال فإن تطور الأبحاث في علم الوراثة البشرية يقدم أدوات لفعالية لا شك فيها في سبيل المواصلات بوسائل أخرى للمشاريع الإيوجينية eugéniques القديمة. وفيما وراء تشخيص ما قبل الولادة للأمراض الوراثية البالغة الخطورة، يتبين إغراء الإخضاع بصورة عامة للأجنة البشرية تحت تصنيف على أساس سمات مميزة أقل باثولوجية، بل حتى فسيولوجية كليًا مثل الجنس. والمطروح للنقاش هنا هو اللاختزالية الجوهرية للسمات المميزة لكل فرد بالإرادة المعيارية لطرف ثالث، وليكن الوالدين. والتحديد المسبق من جانب هذا الطرف الثالث لجنس وهيئة طفل من المتوقع أن يولد يمكن حمله بطبيعة الحال إلى حده الأقصى باستخدام الاستنساخ البشري ذي الهدف الإنجابي.

وكما سبق أن رأينا فإن الإيوجينية في زمن علم الوراثة، يعود إلى تحسين القدرة الوراثية لسلالة بشرية. وإلى ذلك الحين تمثلت الوسيلة لذلك في الانتخاب. أما أسطورة وجود إيوجينية إيجابية حددت لنفسها كهدف ليس القضاء على رعايا

ذوى ميراث غير مُرض، بل زيادة القدرة الوراثية عن طريق جلب جينات "مُحسّنة" فهي قديمة ويبدو حتى أنها اكتسبت اليوم تماسكًا، إن لم تكن علمية فعلى الأقل أيديولوجية. وعلى المستوى العلمى فإن من الجلى أن الصفات البشرية على وجه الدقة، الاستعداد لخلق المعنى، الجمال، الطيبة، غير قابلة للاختزال إلى التطويع اللفظ لبعض الجينات. ومع هذا فقد كان بوسعنا أن نقرأ فى نهاية عام ١٩٩٩ أقلام بعض أبرز المؤلفين والفلاسفة فى هذه اللحظة الإعلان عن سيناريوهات تتوقع مثل هذا التعديل البيوتكنولوجى للإنسان. وعند هذه الدرجة من انتشار الأسطورة فإنها تغدو واقعًا اجتماعيًا وتهديدًا أيديولوجيًا.

### خلاصة

فى حد ذاته لا يقول علم الوراثة شيئًا جديدًا حول الطبيعة البشرية التى مائزال مضمرة فى نظرية التطور. وبالمقابل، يولد علم الوراثة سلسلة من المعطيات والأدوات، المحايدة أخلاقيا فى حد ذاتها، ولكن التى يغدو احتكارها من جانب الأيديولوجيات القديمة للحتمية، والوصم، والإقصاء، سهلا وخطراً بصورة خاصة. وبهذا المعنى فإن على عالم الجينات généticien، الواعى للقابلية الخاصة لمجاله العلمى للاستعدادات الأيديولوجية، مسئولية عميقة: ليس فقط أن يحقق بأفضل ما يمكنه لعلم يشرفّ العبقرية البشرية، بل أيضا أن يشارك فى تقديم هذا العلم إلى الجمهور، وأن يشرح ماذا يعنى وما هو مشروع أن يجعله يقوله. وبوصفه مواطناً، سوف يتعين بعد هذا على عالم الجينات أن يوسع عمل الأبحاث والشروح هذا عن طريق النضال كمواطن ضد كل محاولات استعباد الإنسان. وإذا كان من غير المشروع تمامًا أن نجعل علم الوراثة يقول أننا جميعًا سجناء جينائنا، فإن العلم لم يعد يكفى لتبرير ضرورة الحرية. وعند هذه المرحلة، يكون للالتزام طابع آخر، طابع أخلاقى.





## الباب السادس

# المخ، والسلوك، والعواطف



## الوظائف المخية<sup>(١)</sup>

بقلم: مارك جاتيرو

Marc JEANNEROD

ترجمة: ماجدة الريدى

يتكون المخ من تجمع الخلايا العصبية (العصبونات) neurones. وهو تجمع بنى ومنظم حيث تتواصل العصبونات حسب أفق محدد. وسوف نفترض فى هذا البحث أن الوصلات الأساسية بين العصبونات موضوعة فى أماكنها بشكل سوى وأن الآلية التى تؤمن هذا الجزء من النمو تعمل على وجه صحيح، وعملية صنع مشبكات جديدة لا تنتهى على ذلك: إنها سوف تمتد مدى الحياة كلها، حتى وإن كان ذلك بقوة متناقصة. على كل الأحوال فإن نشأة المشبك لا تخص الوصلات التى استقرت خلال النمو الجنينى وفى بداية الحياة خارج الرحم. لم يعد يتعلق الأمر بخيوط تقطع طريق طويل لتأتى لملاقاة الهدف: يتعلق الأمر بوصلات مجاورة تظل مرنة ويمكنها أن تتغير تبعاً لحاجتها، أو تبعاً لحركة المرور فى المسارات العصبية التى تنتمى إليها هذه المشبكات. الموضوع يخص تغيرات تظل موضوعية ولا تؤثر على البناء العام للتجمع.

### مجموعات الخلايا العصبية والخارطة المخية

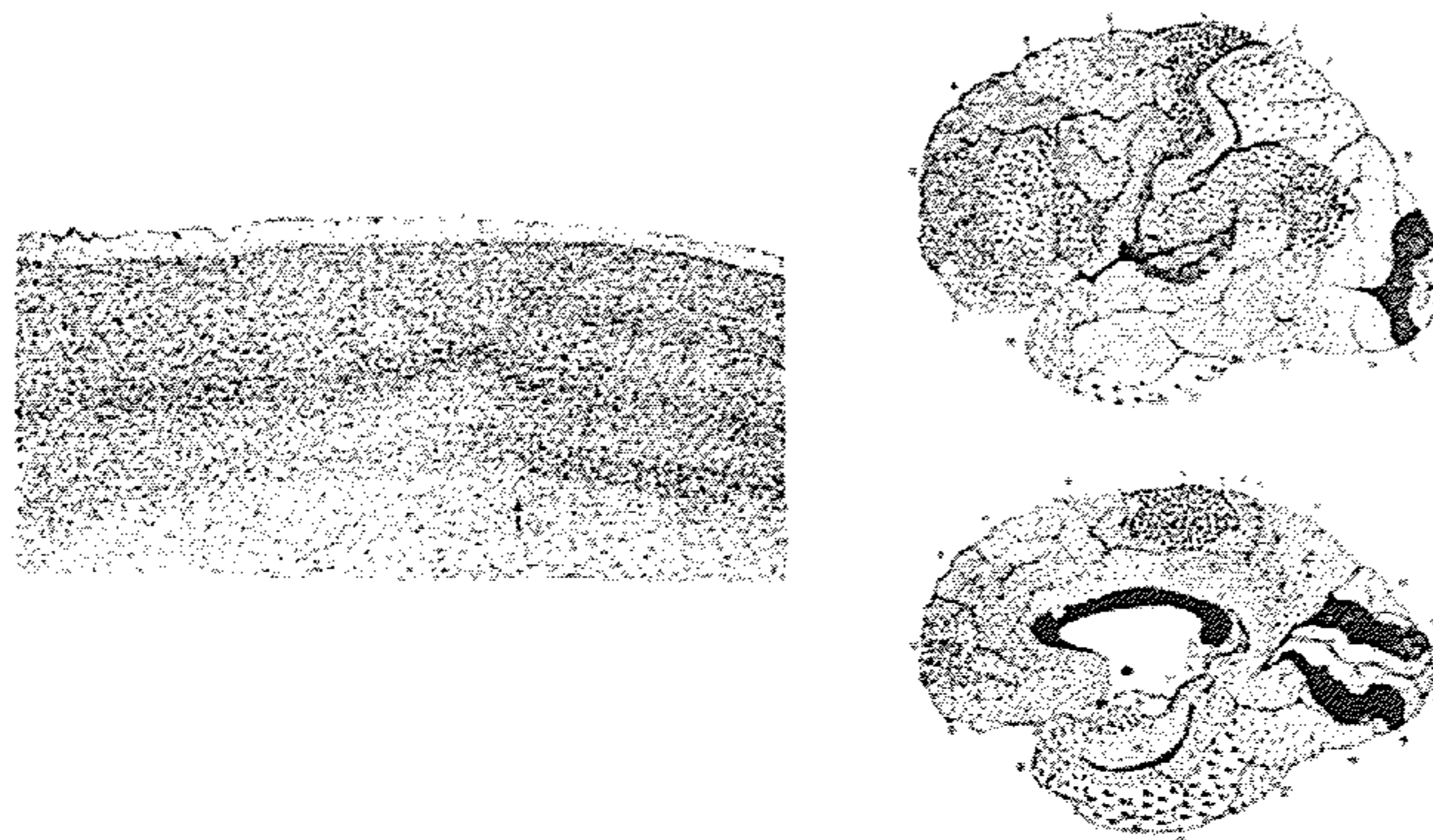
إن أعمال الباحثين فى علم الأنسجة فى نهاية القرن التاسع عشر وفى مقدمتهم ريمون بيكاجال Ramon y Cajal توصلت إلى وصف الوصلات الأساسية للمخ بفضل مجموعة تكنيكات سمحت برؤية العصبونات وامتداداتها وحتى

---

(١) نص المحاضرة رقم ٣٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١ فبراير ٢٠٠٠.

المشتبكات العصبية الخاصة بها. ومن هذه البحوث يظهر عدد معين من المبادئ التي يبدو أنها تسيطر على التنظيم المخي. أحد هذه المبادئ يمكن أن يعرف بأن: «الذي يتشابه يتلاقى». ذلك أن العصبونات التي تتلقى نفس المعلومات ومتوصلة لنفس الهدف ولها نشاط وظيفي مشابه (التي تعرف بما يسمى «شعوب» من العصبونات) يتجمع أحدها بجانب الآخر. ومن أوائل التجمعات التي تعرف عليها علماء الأنسجة في اللحاء المخي هي «الطبقة» الخلوية. كل طبقة لحائية تتضمن خلايا أغلبها من نفس النمط، وأيضاً ما نعرفه الآن أن لهم وصلات مشتركة. والأنماط الخلوية وترتيب الطبقات مشتركة عند عدد كبير من الأنواع لدى الثدييات.

تنظيم اللحاء cortex في شكل طبقات (رقائق) تكون معماراً مركباً يصلح كمرجع لتحديد المناطق اللحائية، أي مناطق اللحاء التي تتميز بعضها عن البعض الآخر بالسّمك النسبي لطبقاتها الخلوية. هذه الأبحاث هي أساس الناتج الأساسي لعلوم الأعصاب الحديثة وهو تحقق خريطة للححاء تبعاً للرقائق. والخريطة المعروفة والأكثر استعمالاً هي خريطة كوربنيان برودمان Korbiniian Brodman التي أنشأها منذ مائة عام (شكل ١) وهذه الخريطة تحمل أرقاماً مازالت هي المرجع حتى الآن.



شكل (١)

وضع خريطة المخ حسب طريقة علم الأنسجة.

على اليسار مقطع لمنطقة من اللحاء المخى يظهر تراكب الطبقات الخلوية. لاحظ النقلة المفاجئة بين مساحتين لحائيتين، المساحة ١٨ فى اليسار والمساحة ١٧ فى اليمين، توجد علامة سهم. نرى الطبقات تنقسم إلى تقسيمات فرعية لتكوين هيئة نسيجية مختلفة عن المساحة المجاورة. على اليمين خريطة نفذها برودمان Brodman سنة ١٩٠٠ على أساس طريقة علم الأنسجة. الفص الجبهى يوجد ناحية اليسار والفص القفوى ناحية اليمين، فى الرسم الأعلى، منظر جدارى للنصف الكروى للمخ والرسم الأسفل منظر داخلى. لاحظ أن المساحات المخية تحمل أرقامًا حسب نوع من الترقيم مازال ساريًا.

والأرقام ليست موضوعة بالصدفة: ذلك بأن برودمان كان لديه فكرة مبتكرة جدا وهى تنظيم الترقيم بدءًا من مرجع تشريحى ثابت فعليًا لدى كل الثدييات وهو الأخدود المركزى. وعلى ذلك فإن الأرقام الصغيرة مختصة بالمساحات التى تحيط بالنلم المركزى. ويمكننا بذلك مقارنة الخرائط اللحائية لدى أنواع مختلفة من الحيوانات، وهذا مفيد جدا إذا ما تذكرنا أن جزءًا كبيرًا من معارفنا عن عمل المخ مستقى من الحيوان.

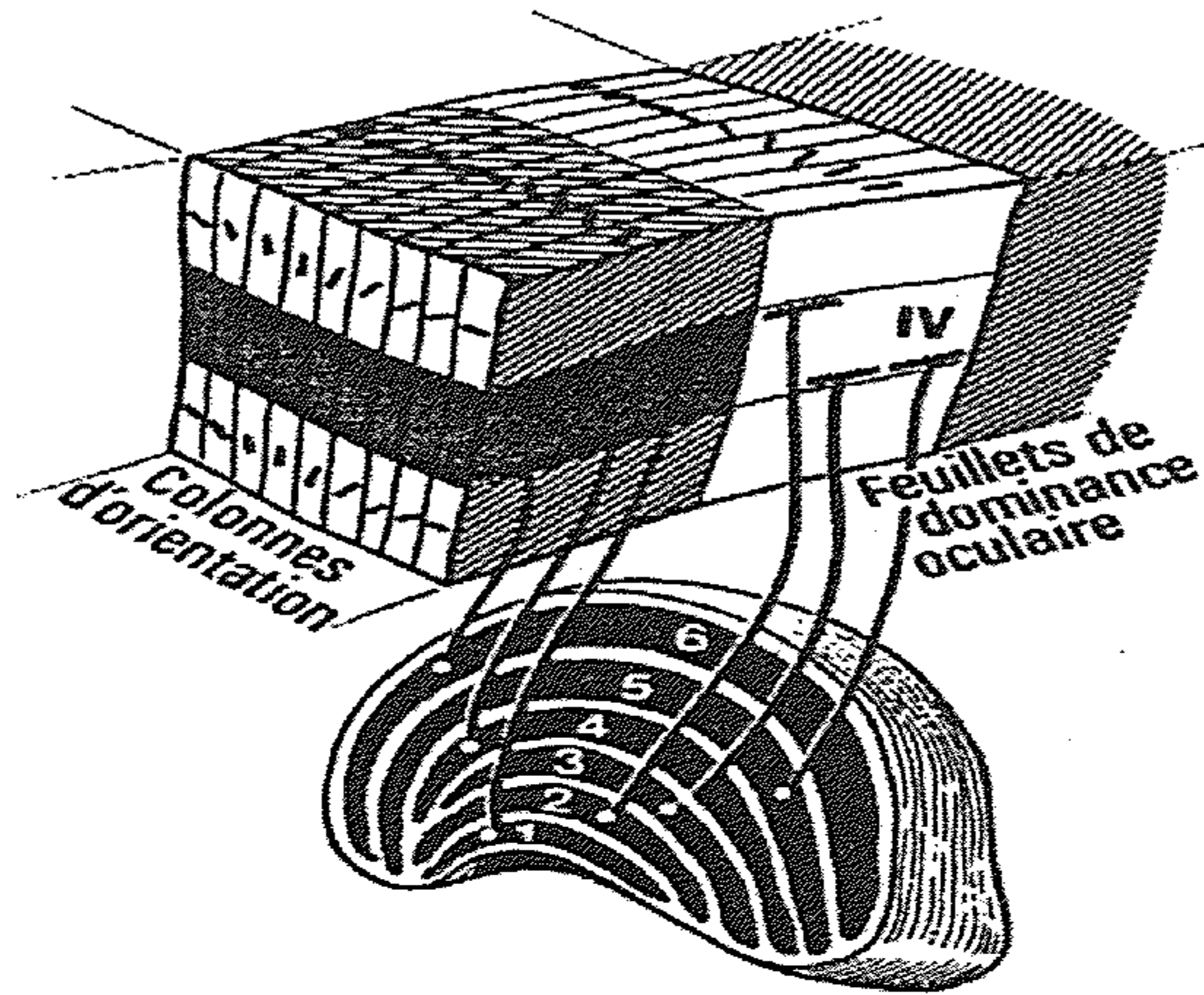
فى البداية، عند إنشاء الخرائط الأولى كانت طرق علم الأنسجة تستخدم التشكل الخلوى كمرجع وحيد. ولم يكن من الممكن تعريف وظيفة كل منطقة لحائية إلا بمقابلتها بمعطيات أخرى. واستمرت لسنين عديدة معطيات المرض هى المستخدمة للربط بين محكات علم الأنسجة وأعراض أو عجز تم معاينته فى العيادة، وحديثًا جدا استخدمت طرق وظيفية (قائمة على أداء الخلايا وليس فقط على شكلها) لتحديد شعوب عصبونات اللحاء المخى. هذه الأبحاث تبين لنا مظاهر أخرى لتجمع العصبونات حسب الأيض لديهم أو ترابطاتهم، مثلاً. وتم وصف الشعوب التى تتقاطع جزئيًا مع التصنيفات السابقة: داخل الطبقة IV فى اللحاء البصرى (مساحة ١٧)، مثلاً، العصبونات التى تتلقى الجانب الأكبر من الترابطات من عين من العينين تتجمع على شكل «وريقات» ذات سيادة بصرية؛ وهذه العصبونات ذاتها

تتوزع حسب تنظيم آخر مرئى بفضل الأثر الأيضى: وهى البلوس blobs حيث تتجمع العصبونات الحساسة للون. أخيراً، داخل هذه البناءات يمكن وصف أنماط أصغر حجماً، وهى الأعمدة اللحائية حيث تتجمع العصبونات تبعاً لنمط الاستجابة التى تتم ردّاً على شىء مطروح أمام المجال البصرى (شكل ٢).

### مثال من تحديد التوضع المخى:

#### الجهاز الحركى المخى

من المفهوم طبعاً أن الوصف التشريحي لتنظيم الخلايا ولترابطها لا يمكن أن يكفى وحده لفهم وظائف اللحاء المخى. الوظيفة تكمن فى العلاقات بين الأداء الداخلى للعضو المخى وما يحدث خارج المخ فى الجسم وفى العالم المحيط. ولتعريف هذه العلاقات فإننى سأستخدم كمثال أول وظيفة المناطق المخية التى تتحكم فى تنفيذ الحركات. لاحظ علماء الأعصاب الأوائل أن أعطاب النصف الكروى للمخ يمكن أن تنتج اضطرابات فى الحركة (شلل أو تشنجات) فى الجانب المقابل من الجسم وأن تموضع واتساع العطب مشروط بطبوغرافيا الصدع.



شكل (٢)

تنظيم اللحاء البصرى

فى جزء من اللحاء تظهر بعض أنماط تصنيف عصبونات اللحاء. هذه العصبونات مصفوفة على شكل أعمدة توجه: فى داخل العمود تستجيب كل العصبونات المسجلة بشكل انتقائى لتوجه الشئ المرئى. ونفس العصبونات مصفوفة أيضا حسب التوصيلات التى تتلقاها من كل عين: إنها وريقات السيادة البصرية . ونرى هذه التوصيلات قائمة بدءا من وسيط لمسارات الطرق البصرية والجسم الجدارى مكون هو نفسه من طبقات متراكبة.

وقد بدأ شاركو Charcot بداية من سنة ١٨٧٥ فى تجميع ملاحظات متعددة سمحت له برسم خريطة مخية للاضطرابات الحركية. ولكن الوصف الدقيق للخريطة أتى من مصدر آخر وهو التنبيه الكهربائى المباشر للحاء، أولاً لدى الكلب ثم لدى القرد وأخيراً لدى الإنسان. وقد حدد شارل شرينجتون Charles Sherrington بدقة كبيرة لدى القرد، المنطقة الحركية للحاء المقترنة بكل مجموعة عضلية. كل النقط التى تنتج استنثاراتها حركة موجودة قبل الأخدود المركزى فى المنطقة ٤ لبرودمان، وهو المكان الأساسى لكل ألياف الحزمة الضوئية الهرمية الذى يربط اللحاء بالنخاع. وقد تمت تجارب أخرى منذ شرينجتون أثبتت وجود مناطق أخرى بجوار المنطقة الحركية «الأولية» حيث تظهر الحركات بشكل مدروس أكثر مما فى المنطقة ٤.

ولدى الإنسان، وجد جراحو المخ حينما راكموا الملاحظات على كثير من المرضى خلال العمليات، نفس الطبوغرافيا (شكل ٣) وحالياً، حتى إذا كانت استثارة اللحاء مازالت مستخدمة (إلا أنه يمكن القيام بها والدماغ مغلق بطريقة الحث المغناطيسى) توجد طرق أخرى أقل هجومية لدراسة الوظيفة الحركية وهى طرق التصور العصبى الوظيفى التى تسمح بمعرفة لدى فرد ما (معاف أو مريض) المناطق النشطة لكل حركة: ونحصل بذلك على خريطة قائمة هذه المرة على عملية أيض مناطق المخ التى تصبح نشطة بالنسبة لنمط معين من الحركات. وبفضل طرق إعادة بناء الصور يمكن التركيز على المنطقة اللحائية الوحيدة

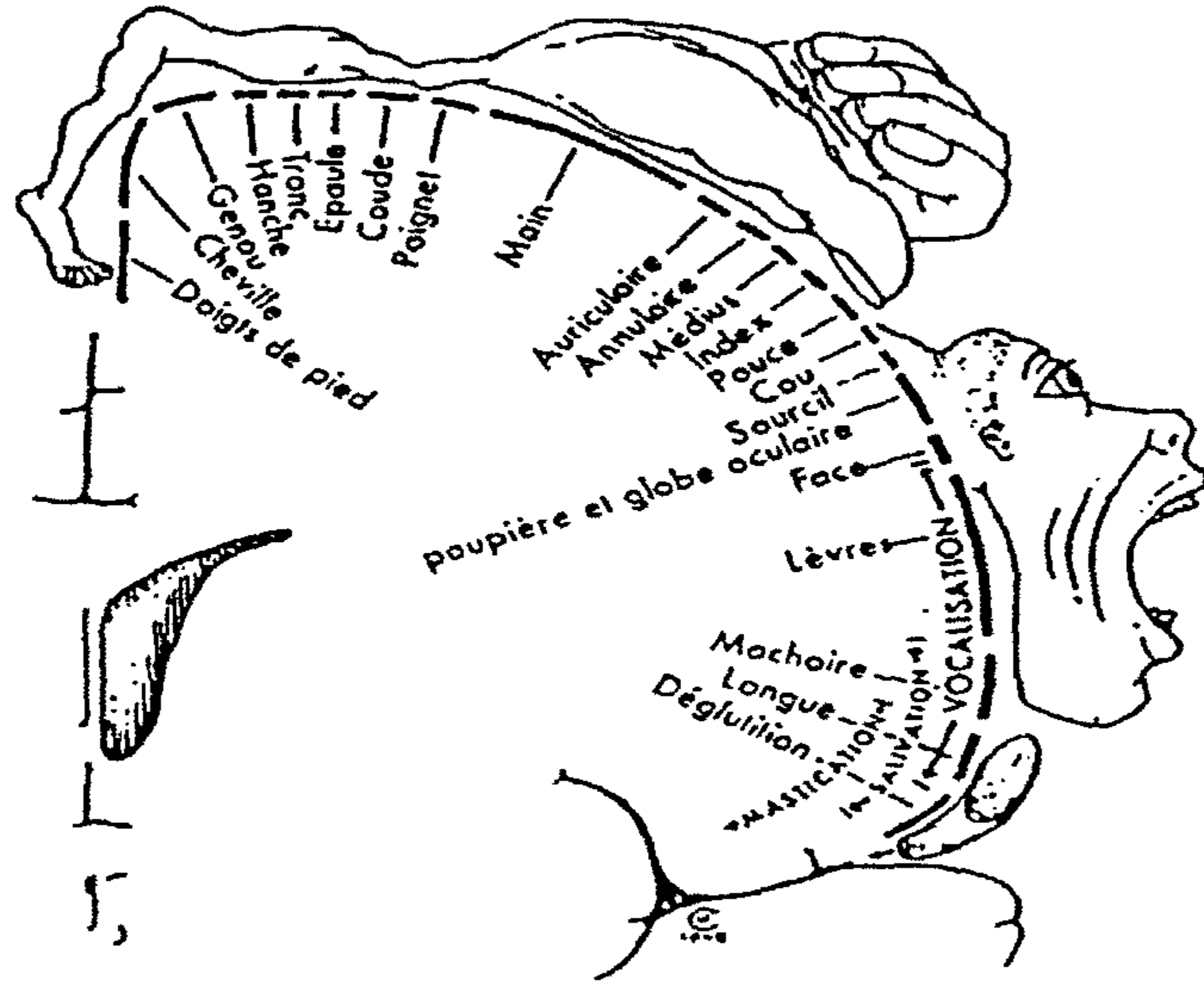


المسئولة عن حركات الأصابع أو على العكس جعل مجموع المناطق النشطة بادية للعيان أثناء إجراء حركة الذراع (فى اللحاء وفى مناطق مخية أخرى مثل المخيخ مثلاً). وهذه الطريقة تسمح أيضا بدراسة اضطراب الخريطة الوظيفية للجهاز الحركى نتيجة صدع، لدى المرضى. يمكن حينئذ أن نلاحظ مع الزمن إعادة التنظيم الجزئى التى تسمح بدخول وسائل مختلفة للإحلال، خاصة تدخل المناطق اللحائية فى النصف الكروى المخى المقابل، الذى لم يكن منوطاً به القيام بذلك. وإعادة التنظيم هذه تظهر محدودية نظرية تموضع الوظائف المخية. النظرية تعمل على توازن ما بين التوصيلات التى نشأت خلال النمو الجنينى وتستمر مادام هذا التوازن لم يؤدّ صدع ما إلى اضطرابه.

### الترابطات بين المناطق المخية

يعطينا التّموضع المخى صورة فقيرة إلى حد ما للوظائف المخية. لا تتوقف وظيفة النظام الحركى على تحريك إصبع فقط؛ نحن نحرك إصبعاً لهدف محدد، للكتابة أو للعب الموسيقى على البيانو. لا يوجد ظرف طبيعى (فيما عدا تجربة معملية مثلاً) تنشط فيه منطقة واحدة فى المرة الواحدة. إن علماء التشريح فى الفترة الكلاسيكية (١٨٥٠ إلى ١٩٠٠) ركزوا على خاصية أخرى من خواص اللحاء، وهى ألياف الترابط بين الوظائف المخية. ألياف ترابط قصيرة من تليفية لأخرى وشبكات ترابط من فص لآخر ووصلات بين النصفين الكرويين، ويمكننا أن نقوم بوصف كامل للحاء على أساس الترابط. يجب أن نقارب هذه الأبحاث من سياق سيكولوجية الحقبة (وهى الترابطية) حيث كانوا يحاولون أن يفسروا الوظائف المركبة (الوظائف المعرفية) بترابط وظائف أساسية. ومن هنا نخطو خطوة من التنظيم المعرفى نحو التنظيم المخى... وكانوا يفسرون بعض آثار الصدوع التى تتسجم مع نظرية التّموضع بأنها عدم اتصال، أى قطع ألياف الترابط بين منطقتين.

إحدى مميزات هذه الحقبة أنهم توصلوا لتصنيف المناطق المخية على أساس اتصالاتها. ونميز فى الواقع منذ هذا التاريخ المناطق الأولية، وهى تتصل



شكل (٣)

#### تنظيم اللحاء الحركي

في رسم قطعي رأسي للفص الجبهي رسمت مناطق اللحاء الحركي (المنطقة ٤) التي تتحكم في حركية خطوط مختلفة لنصف الجسم في الناحية المقابلة. لاحظ النسبة الضئيلة الممنوحة للأعضاء السفلية وللجذع بالنسبة للمناطق التي تتحكم في حركة الأصابع والوجه والألياف الصوتية.

مباشرة مع أعضاء الحس أو أعضاء الحركة، والمناطق الثانوية، أو المشتركة حيث اتصالها لا يأتي سوى من مناطق مخية أخرى، تتلقى معلومات سبق معالجتها، أي من الدرجة الثانية، بشكل ما. والمناطق المخية المشتركة تتميز بشكل قاطع عن المناطق الأولية، واتساعها واضح أكثر لدى الإنسان عنه لدى الحيوانات الأخرى ونضجها أكثر ببطءًا من المناطق الأولية؛ وأخيرًا، فإن صدعها يجلب قصورًا من النوع المعرفي.

## المناطق الترابطية والنشاط المعرفي:

### مثال الفص الجبهي

ماذا نعرف الآن عن هذه المناطق المشتركة ومساهمتها في الوظائف المعرفية؟ لمناقشة هذه النقطة فإنني أقترح مثال الفص الجبهي lobe frontal. هذه المنطقة من اللحاء تمثل ثلث الكتلة المخية لدى الإنسان. وحتى عام ١٩٣٠، كنا نعلم أشياء قليلة عن وظيفتها: كانت منطقة صامتة حيث لم يكن أى صدع يجلب غالباً أية أعراض ظاهرة أو أحياناً أعراض غير متميزة، مثل اضطرابات الذاكرة أو الاكتئاب أو على العكس من ذلك الانسراح الشديد، وهناك حالة شهيرة، وهى حالة فيناس جاج Phineas Gage التى لفتت الانتباه إلى مجموعة تغيرات السلوك التى تكون ما نسميه الآن الزملة الجبهية: هذا العامل الجاد المجتهد الذى أصبح بعد الحادثة التى تعرض لها غير مستقر ومزاح، ولم يعد يحترم التسلسل الاجتماعى، إلخ. منذ عشر سنوات تقدمت معارفنا عن دور الفص الجبهي فى اتجاهين رئيسيين. من ناحية، أتاحت دراسة نشاط عصبونات الفص الجبهي لدى القرد الخاضع لمهام معرفية تجزئة هذه المنطقة الشاسعة إلى مناطق متخصصة فى وظائف جيدة التعريف: فى بعض هذه المناطق، تنشط العصبونات فى مهام للذاكرة قصيرة المدى، مثل تحقيق تتاليات زمنية؛ وفى مناطق أخرى، تكون جذة الشيء المعروض هى التى تثير نشاط العصبونات. أما لدى الإنسان فإن العلماء يحاولون باستخدام اختبارات نفسية تكميم هذه الوظائف الأساسية نفسها لدى المرضى المصابين بصدوع فى مناطق مختلفة من الفص الجبهي. واختبار برج لندن مثلاً، يظهر بشكل جيد الصعوبات لدى المرضى عندما يكون عليهم التخطيط لنشاط فى اتجاه هدف محدد.

من ناحية أخرى فإن أعمال الباحثين فى علم النفس العصبى أتاحت إعادة وصف زملة الفص الجبهي فى الإنسان فى مواقف طبيعية وليس فقط باستخدام اختبارات معملية. تقدم للمريض قائمة بمهام مألوفة لإنجازها (الذهاب لشراء جهاز تسجيل وإعداد العناصر لعمل تسجيل، أو إعداد فطيرة تفاح) مع إعطاء المريض الحد الأدنى من القواعد المطلوب مراعاتها؛ وتدون كل تفاصيل السلوك. المريض

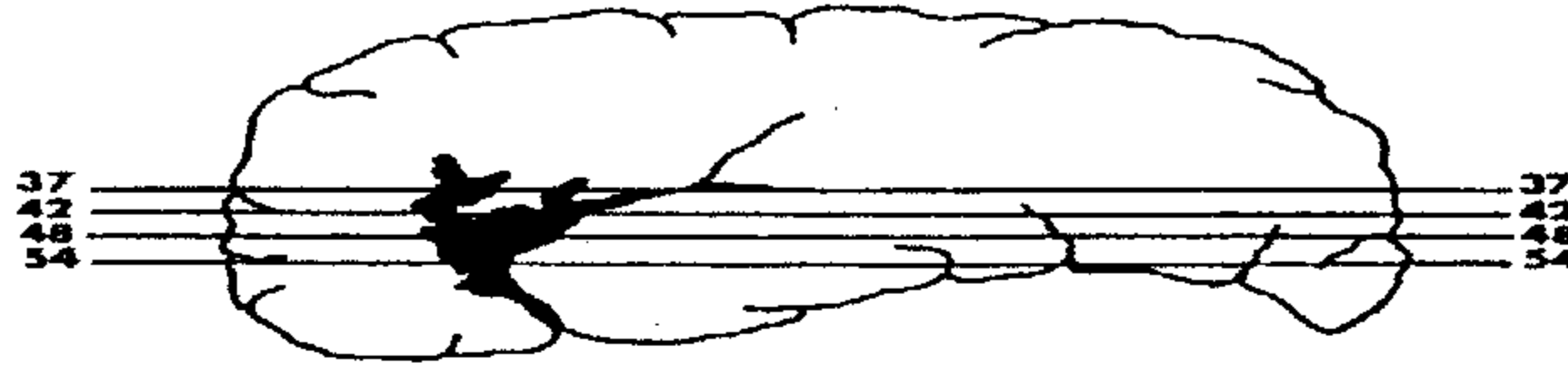
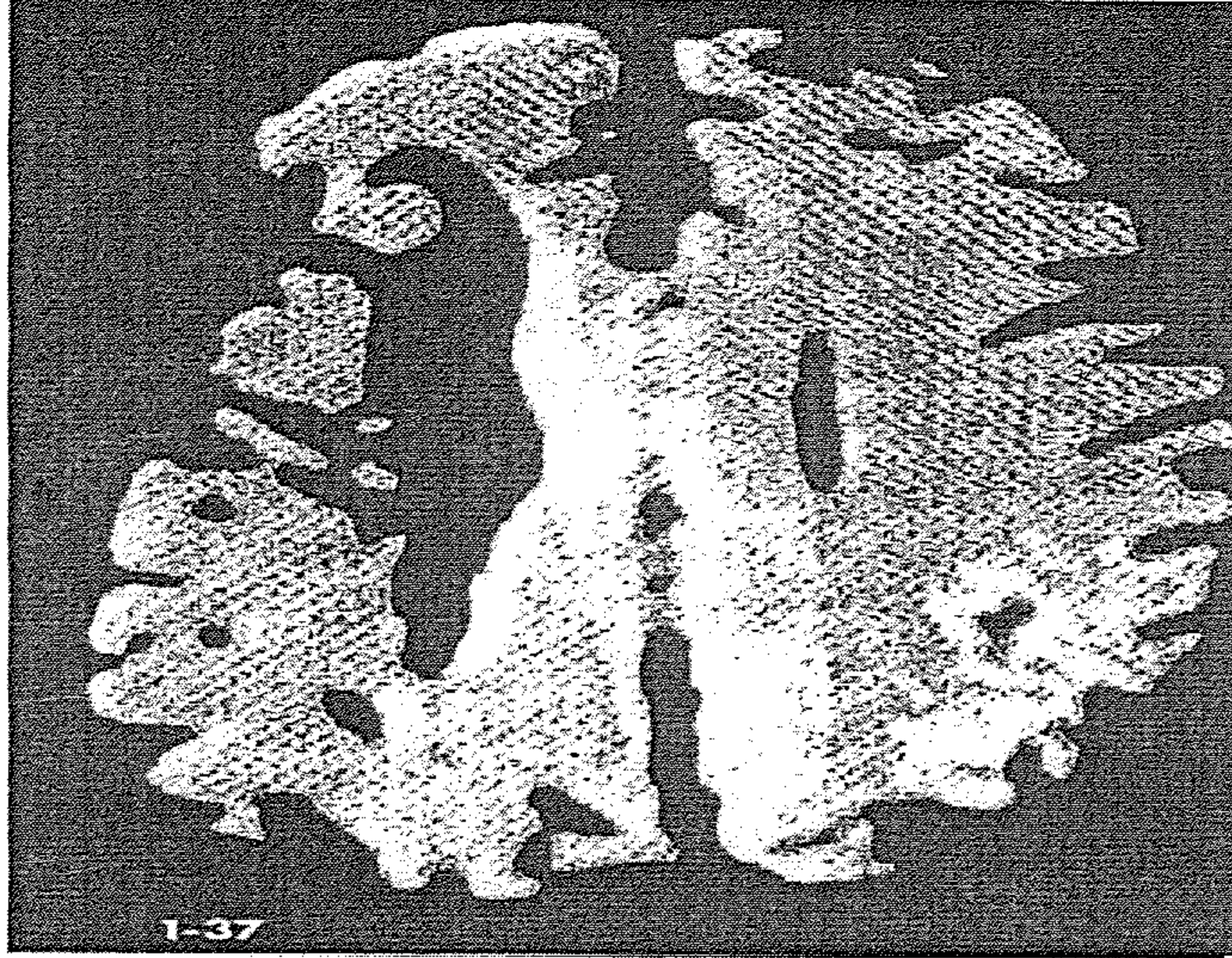
الجبهي يقع في أخطاء كثيرة في التتالي، وينسى المراحل ويخالف القواعد. إنه في تخطيط النشاط إذن، وفي تنظيم السلوك على المدى الطويل، وفي اتخاذ القرار وفي حساب المميزات والمضار لهذا الفعل أو ذاك، وفي هذه الأشياء كلها يتجلى دور الفص الجبهي. ويمكن أن يُتبين إلى أي مدى ينعكس اضطراب الإمكانيات، خلال الأمراض التحليلية مثلاً، على التكيف في مواقف الحياة اليومية.

وقد جاء التصوير العصبي neuro-imagerie هنا بمساهمة أساسية لأنه يمكن أن يستخدم لدى الشخص السوي. يمكن على هذا الأساس تحديد شبكات النشاط العصبي ذي العلاقة بالمهام المعرفية التي تعمل على الذاكرة أو التفكير، مثلاً. وفي حالة التفكير يلاحظ أن الشبكة تختلف باختلاف النموذج المنطقي الذي يستخدمه الشخص لحل المشكلة المطروحة، بحسب ما إذا كان الأمر يتعلق بحكم علاقي بين اقتراحين أو قضايا قياس منطقي، إلخ. نحن بعيدون إذن عن ترابطية نهاية القرن التاسع عشر. ما توضحه الأبحاث الحديثة عن الوظائف المعرفية، أنها تضع مجموعات عصبية تتقاطع جزئياً مع مهام معرفية مختلفة. ويجب بالإضافة إلى ذلك تصور أن هذه الشبكات لها بناء دينامي وأنها تتطور كدالة للزمن وأنه من خلال المسار العادي للنشاط العقلي (في الفكر)، يمر المخ بشكل مستمر بطريقة غير محسوسة من شبكة إلى أخرى.

### الازدواجية النصف كروية: المخ المشطور

الدراسات على الوظائف المعرفية، مثل تلك التي فحصناها بخصوص الفص الجبهي تظهر أن نشاط النصفين الكرويين للمخ ليس متماثلاً. إن مفهوم الازدواجية الوظيفية للنصفين الكرويين أكدها بول بروكا Paul Broca منذ سنة ١٨٦٠. لاحظ بروكا أن بعض الصدوع المستولة عن بعض اضطرابات اللغة (الحبسة) مقامها في الجزء الجبهي من النصف الكروي الأيسر (شكل ٤). هذا الاكتشاف أثار عدم التصديق، ولكن الوقائع دامغة: الملاحظات الإكلينيكية للمرضى المصابين بصدوع محددة يسارية أثبتت آراء بروكا تماماً. فيما بعد، بعد مائة عام تالية أتاحت البحوث التشريحية التي استخدم فيها مخ سوى لأشخاص بالغين توفوا

لأسباب غير عصبية إثبات أن النصفين الكرويين غير متطابقين. وهناك فروق واضحة في مناطق مخية كثيرة. وأكثر هذه الفروق وضوحاً نلاحظها في منطقة ترابطية موجودة في الجزء العلوى للفص الجبهى: هذه المنطقة أكثر اتساعاً من الناحية اليسرى عنها من الناحية اليمنى. هذه المنطقة تتواءم مع منطقة حساسة، حيث يسبب الصدع شكلاً نمطياً من (الأفيزيا) الحبسة (حبسة فرنيك Wernicke)



شكل (٤)

النسخة الأولى من مخ مريض بروكا

هذا المخ اقتطع فى سنة ١٨٦٥ ثم فحص بواسطة الطموغرافيا (تصوير شعاعى طبقي) بأشعة إكس فى سنة ١٩٨٠. ويوجد رسم جانبي للنصف الكروى الأيسر للمخ أعيد فى الجزء الأسفل (الفص الجبهى فى الشمال). الصدع مرئى فى الجزء السفلى والخلفى للفص الجبهى. فى الأعلى، مقطع (رقم ٣٧) الذى تحقق بالطموغرافيا (الفص الجبهى فى الأعلى). نلاحظ صدعاً خطيراً للجزء الأمامى من الفص الكروى الأيسر للمخ.

التصوير العصبى لوظائف اللغة يتيح تفكيك الشبكات المختلفة المتضمنة فى فهم الكلمات أو التعبير بها. وشبكة إنتاج الكلمات تتضمن أساسًا منطقة بروكا فى الجزء السفلى من الفص الجبهى الأيسر، وهو ما يعتبر تأكيدًا لاكتشاف بروكا. إن فهم الكلمات المقروءة والكلمات المسموعة ينشط على التوالى المناطق الموجودة فى كل من الفص القفوى lobe occipital والفص الصدغى lobe temporal الأيسر.

ويوجد إلى جانب ملاحظة تأثيرات الصدوع المخية والتصوير العصبى، مصدرًا آخر للمعلومات عن الوظائف التكميلية للنصفين الكرويين للمخ: وهى التجارب التى حققها روجر سبيرى Roger Sperry فى بداية الستينيات. لقد طرأت لسبيرى فكرة فحص مجموعة من الحالات التى تعيش فى كاليفورنيا والتى تعرضت لجراحة استئصال الجسم الصلب للدماغ. والجسم الصلب هو الفاصل الضخم (المقرن) الذى يضم ألياف الترابط الموحدة للنصفين الكرويين. وكان حدس سبيرى أنه إذا ما وجهنا سؤال إلى نصف كروى واحد فى المرة الواحدة مع تسجيل الرد، سوف يكون تحت يدنا وسيلة لمعرفة القدرات الخاصة بهذا النصف مستقلاً عن قدرات النصف المقابل. إن تنظيم الطرق العصبية للدخول والخروج يجعل هذه التجربة ممكنة. المرضى الذين يعانون من المخ المشطور أمدونا بحصيلة وفيرة من المعطيات تبين أن النصفين الكرويين لا يؤديان نفس الوظائف حتى وإن كانا فى الحالة السوية، واضعين فى الاعتبار كثافة الترابطات التى تربطهما، يتعاونان أحدهما مع الآخر ونادرًا ما يعملان بشكل منعزل. من ناحية، تؤيد أبحاث سبيرى ومدرسته تفوق النصف الكروى الأيسر فيما يتعلق باللغة. ومن ناحية أخرى توضح تلك الأبحاث دور النصف الكروى الأيمن الذى اعتبر طويلاً وكأنه مسافر صامت. ومن بين وظائف النصف الكروى الأيمن الرئيسية التعرف على العواطف والتعبير عنها وتنظيم السلوك فى الفراغ.

## خلاصة عامة عن الوظائف المخية

يدين المخ بوظائفه أولاً للتنظيم التشريحي. ولكن وجود لدونة فى المشتبكات العصبية تسمح بزيادة أو تخفيض مساحة التماس بين العصبونات أو حتى خلق تماسات جديدة، تمثل خاصة أخرى من خواصه الأساسية. وهذه اللدونة لها دور وظيفى مهم فى سير عملية التعلم التى تقود إلى اكتساب قدرات جديدة. إن تطور ترابطات جديدة قد يفسر استعادة العجز عقب الإصابة بصدع مرضى.

كل تفسير لأداء المخ يجب أن يضع فى الاعتبار وجود علاقات متعددة تربطه بباقى الجسم. والجسم، من خلال أعضاء الحس الموضوعة على كل سطحه (فى الجلد والشبكية والقوقعة cochlée،... إلخ) ومن خلال النهايات الحساسة الموجودة فى الأحشاء يرسل إلى المخ معلومات عن حالة العالم الخارجى والداخلى. وفى المقابل يتحكم المخ فى مجموع الكائن، ليس فقط عن طريق الألياف العصبية التى تربطه بالعضلات وبالجهاز النمائى ولكن أيضا بواسطة الإشارات الكيمائية، مثل الهرمونات التى يصدرها فى اتجاه المستقبلات الموضوعة فى الأعضاء. وبذلك فإن تأثيرات آتية من باقى الجسم يمكنها أن تغير الحالة المخية وتخلق الانفعالات، أو على العكس، يساهم المخ فى تعديل حالة الجسم لكى يعده للمجهود أو لإطلاق استجابات الكرب، فى كلمة واحدة لكى يكيّفه لشروط البيئة.

## الإشارات العصبونية<sup>(٢)</sup>

بقلم: فيليب آشر

Philippe ASCHER

ترجمة: ماجدة الريدى

إن مفهوم تكوّن الجهاز العصبى من شبكة عصبية من العصبونات (Neurones) مرتبطة بالمشتبكات synapses، كان موجودًا فى بداية القرن العشرين ولكن مقارنته بالآلة الحاسبة لم تصبح واضحة إلا فى عام ١٩٥٠، وبعد ذلك تم مقارنته بالحاسوب. هذه المقارنة التى تتم كثيرًا وتُقد كثيرًا لها فضل التذكير بأن المخ يقوم بعمل حسابات وأن هذه الحسابات سريعة. وهذا ينبئ بأن العصبونات تتبادل إشارات كثيرة وذات انتشار سريع. وقد عُرف فى سنة ١٩٥٠ أن إحدى هذه الإشارات هى النشاط الكامن، أى أنها إشارة كهربائية، ونحن نشك فى وجود إشارات أخرى تسمح بالعمليات الحسابية. ولكن هذه الإشارات غير معروفة جيدًا ونحن نجهل البناء الذرى الذى يولدها. وبعد خمسين عامًا تالية ملئت هذه الثغرات، وفى البحث الآتى سوف أتناول التقدم الذى تم فى تحليل الإشارات مع محاولة وضع ثلاث نقاط أساسية.

الإشارات السريعة (النشاط الكامن والمشتبكات الكامنة والمستقبلات الكامنة) تم اليوم تحديدها وهى أكثر عددًا وأكثر تنوعًا مما كان متوقعًا، ولكن يتم الآن إحصاؤها. إنها تتضمن كل البروتينات الغلافية الخاصة، والتقنوات الأيونية حيث إنها مرحلة معروفة وقد بدأنا فى فهم بنائها.

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٣٣ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢ فبراير ٢٠٠٠.



إن فهم العمليات الحسابية التى تقوم بها العصبونات يجب أن يضع فى الاعتبار هندسة العصبون، وخاصة عدم تجانس توزيع القنوات الأيونية على الزوائد الشجرية العصبية.

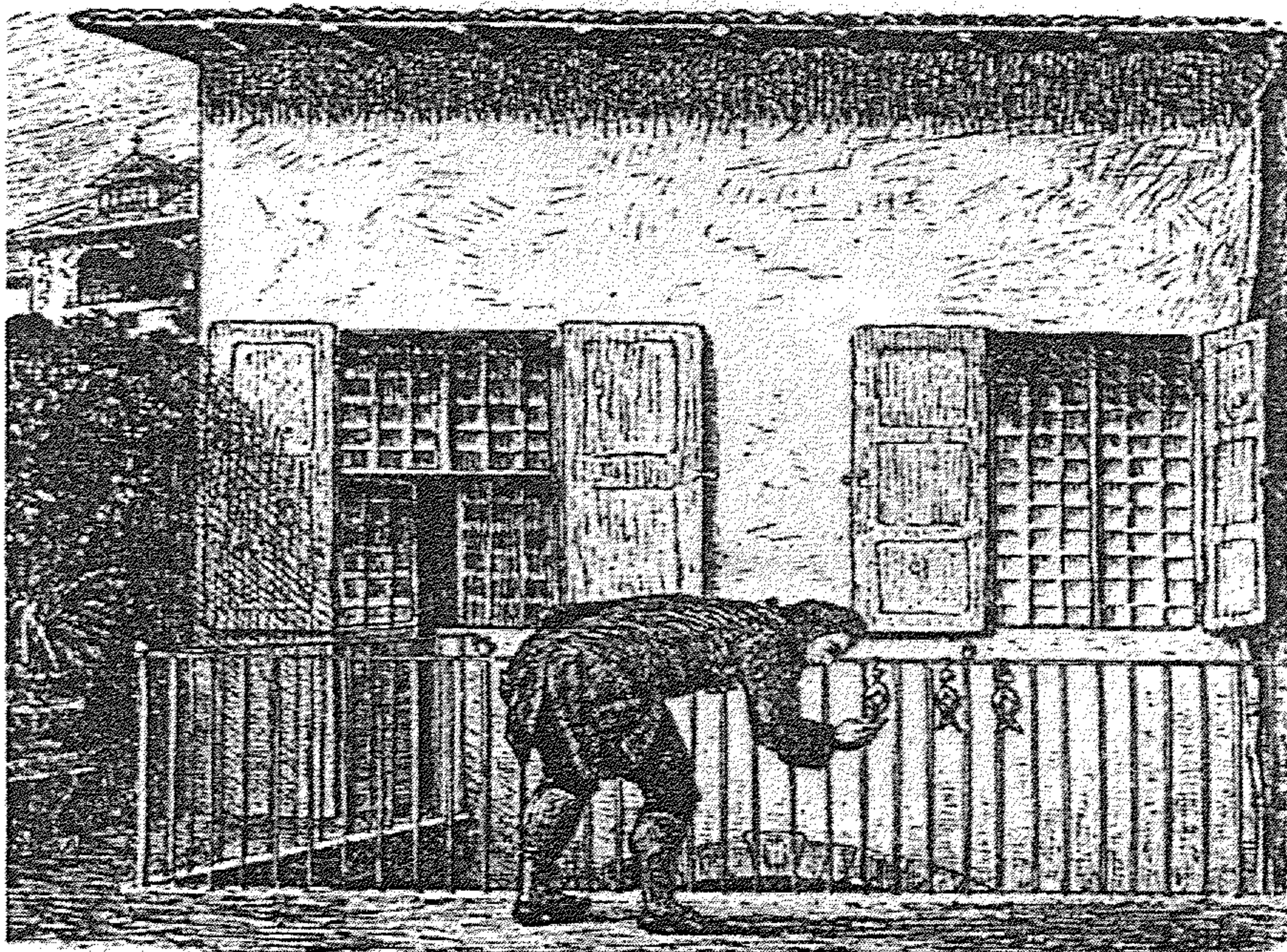
التزود بالقنوات الأيونية للعصبون أو للمشتبك يتغير تبعاً للنشاط: تتميز العصبونات والمشتبكات باللدونة.

### الإشارات الكهربائية السريعة النشاط الكامن

يقوم المخ بالعمليات الأساسية فى أزمنة تحسب بالمللى ثانية. هذا المقياس هو الذى يتيح سرعة الحسابات «التكاملية». وهو لا يمكن استخدامه إلا لأن الجهاز العصبى يمتلك إشارات قصيرة حيث الأكثر تميزاً هو النشاط الكامن.

ويمكن إرجاع أول شك فى وجود هذه الإشارات إلى نهاية القرن السابع عشر، وذلك خلال المناظرة بين جلفانى Galvani وفولتا Volta عن تفسير تجارب جلفانى لتقلص عضلات الضفدعة. وتحدد سنة ٢٠٠٠ الذكرى المئوية الثانية لنشر وصف فولتا لصناعة «البطارية الفولتية». إن النجاح العلمى والتقنى الكبير الذى يمثله اختراع البطارية أدى غالباً إلى اعتبار أن فولتا قد كسب فى المناظرة مع جلفانى. ولكن، وكما ذكرنا بيكولينى Piccolino فإن نجاح فولتا لا يعنى نهاية فرض جلفانى، حيث يفترض وجود «كهرباء حيوانية» متراكمة فى الخلايا و«متحررة» من قبل بعض المثيرات. فى تجارب جلفانى تدخل الكهرباء بالطبع كمثير وكاستجابة فى الوقت نفسه، وكان فولتا محقاً فى إظهاره أن المثير الكهربائى الذى كان يستخدمه فى «تجارب البلكون» لم يكن من أصل حيوانى (شكل ١). ولكن جلفانى كان محقاً باقتراحه وجود «كهرباء حيوانية». النشاط الكامن والمشتبكات الكامنة هما مظاهر لهذه الكهرباء، وصفتهما سوف تترقى خلال الخمسين عاماً التالية حتى اللحظة التى، بفضل إلكترود داخل الخلايا، سوف يتم

أخيراً وصفهما وصفاً صحيحاً. والنشاط الكامن يحدد كإشارة كل أو لا شيء، من حدود 100 mV، مدتها تقاس بالمللي ثانية. ويظهر حينما يفك استقطاب الخلية فيما بعد ما يسمى «بالعتبة»، وبإضافة إشارات ذات سعة أصغر، متدرجة، يمكن أن تكون مانعة للاستقطاب (مثيرات) أو مستقطبة أقصى استقطاب (مثبطات). ينظر إلى العصبون «كمكمل» قادر على عمل الناتج (الجبرى) للكومونات المتدرجة. إذا سمحت هذه الإضافة للغلاف الكامن بالوصول إلى عتبة النشاط الكامن فإنها تستثار وإلا فإن النظام يعود للراحة.



*Casa Galvani Settembre 1786.*

### شكل (١)

منزل جلفانى، سبتمبر ١٧٨٦

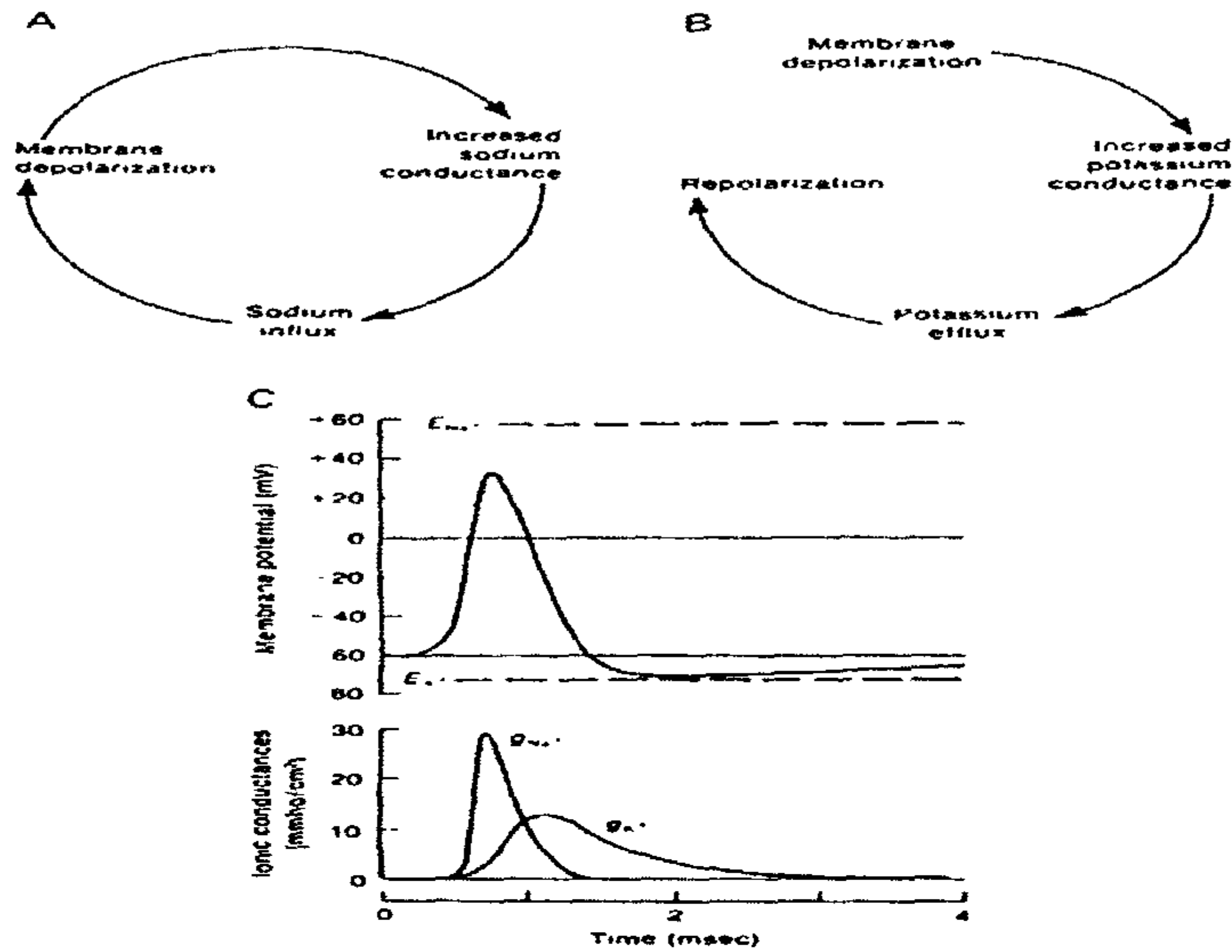
الضفادع مشبوكة فى درابزين من الحديد بمشابك حديدية كانت مصنوعة - بلا شك - من البرونز. التماس بين المعدنين كان يبين فرقاً كامناً وكان السبب فى استثارة الأعصاب و(أو) العضلات.

## من وصف النشاط الكامن إلى توصيف القنوات الأيونية الحساسة للكمون

إن المساهمة العظمى لباحثي الخمسينيات (هودكين Hodgkin وهكسلي Huxley خاصة) كانت في إظهار أن النشاط الكامن يتضمن «تغييراً في الموصلية الكهربائية»: تحت تأثير عدم الاستقطاب يعدل غلاف العصبون من قابليته لامتصاص الأيونات ويدع بعضها يمر بشكل اختياري. يوجد نوعان من الموصلية الكهربائية متسلسلان. الأول عبارة عن إزدیاد الموصلية الكهربائية للأيونات Na التي تحرك حلقة ارتجاع إيجابية (دخول أيونات Na بعد استقطابها للخلية، يزيد من الموصلية الكهربائية لـ Na وهكذا). والتغير الثاني هو زيادة في الموصلية الكهربائية للأيونات K، وفي هذه المرة تكون الحلقة الاسترجاعية سلبية: خروج الأيونات K تنجـة نحو مقاومة عدم الاستقطاب الذي ولد هذه الزيادة (شكل ٢). هذا الوصف يتيح التوصيف الكمي لجذور النشاط الكامن وانتشاره، ولكن الدعامـة الفيزيائية لتغير الموصلية الكهربائية تظل غير معروفة. ونحن نقنع بأن الأيونات لا تخترق الأغلفة إلا من خلال البروتينات وليس من خلال الشحوم، ولكن كيف يتسنى لنا أن نعرف ما إذا كانت البروتينات ناقلات أم قنوات؟ إن نمو علم الوراثة الذري وتقنيات Patch-clamp سوف يظهران بطريقة ناجعة أن انتقال الأيونات المسئولة عن النشاط الكامن يتم خلال قنوات أيونية تعرف اليوم مراحلها الأولى، وقد بدأنا في فهم بنائها ثلاثي الأبعاد.

بعض الصور توضح مراحل هذا التطور. والشكل ٣ يوضح تسجيلاً تم الحصول عليه باستخدام طريقة Patch-clamp التي اخترعها نهر Neher وساكمان Sakmann في نهاية السبعينيات. حيث نرى انفتاح القنوات الفردية في قطعة من غلاف خيط عضلي. وواقعة أن التيار له شدة متطابقة في كل الحالات تدل على أنه يؤثر على ذرة واحدة. وواقعة أن التيار يقاس بـ pA تظهر أن هذه الذرة تسمح بنقل عدة ملايين من الأيونات في الملي ثانية: وهذا ممكن من خلال مسام «قناة مائية» ولن يكون ذلك كذلك لو كان يتوجب على الناقل ذهاب-عودة من ناحية إلى أخرى من الغلاف.

نظرتنا هذه للقنوات الأيونية رصيت طويلاً بالتخطيطات التي يعد أشهرها بلاشك تخطيطات كلاي أرمسترونج Clay Armstrong الذي أعاد تجميعها في مقال سنة ١٩٩٢ في مجلة (Physiological Reviews) في باب عروض الحقبة «البطولية»، حيث كان يعرض لمفاهيمه عن مرشحات الاختيار (التي تميز الأيونات التي تسمح بالمرور والتي لا تسمح) والعناصر التي تتحكم في إغلاق وفتح القنوات: «باب» مسئول عن الفتح «وكرة» مربوطة في «سلسلة» تقوم في بعض القنوات بإغلاق القناة بعد فتحها، مشابك مشحونة حيث يؤدي تحريكها في المجال الكهربائي إلى فتح القنوات بعدم الاستقطاب. هذه التخطيطات استبدلت في البداية معطيات من البيولوجيا الذرية التي حددت المشبك والكرة، ثم حددت في سنة ١٩٩٨ صورة الرسم المتبلور لبناء القناة K التي تم الحصول عليها من قبل مجموعة ماكينون R. MacKinnon بداية من أول قناة متبلورة قناة KcsA. القناة تتضمن على السطح الداخلي ممر، حيث تدخل الأيونات في الحالة المائية ومرشح ضيق لا يمكن للأيونات أن تعبره إلا في الحالة الجافة (الخالية من الماء).

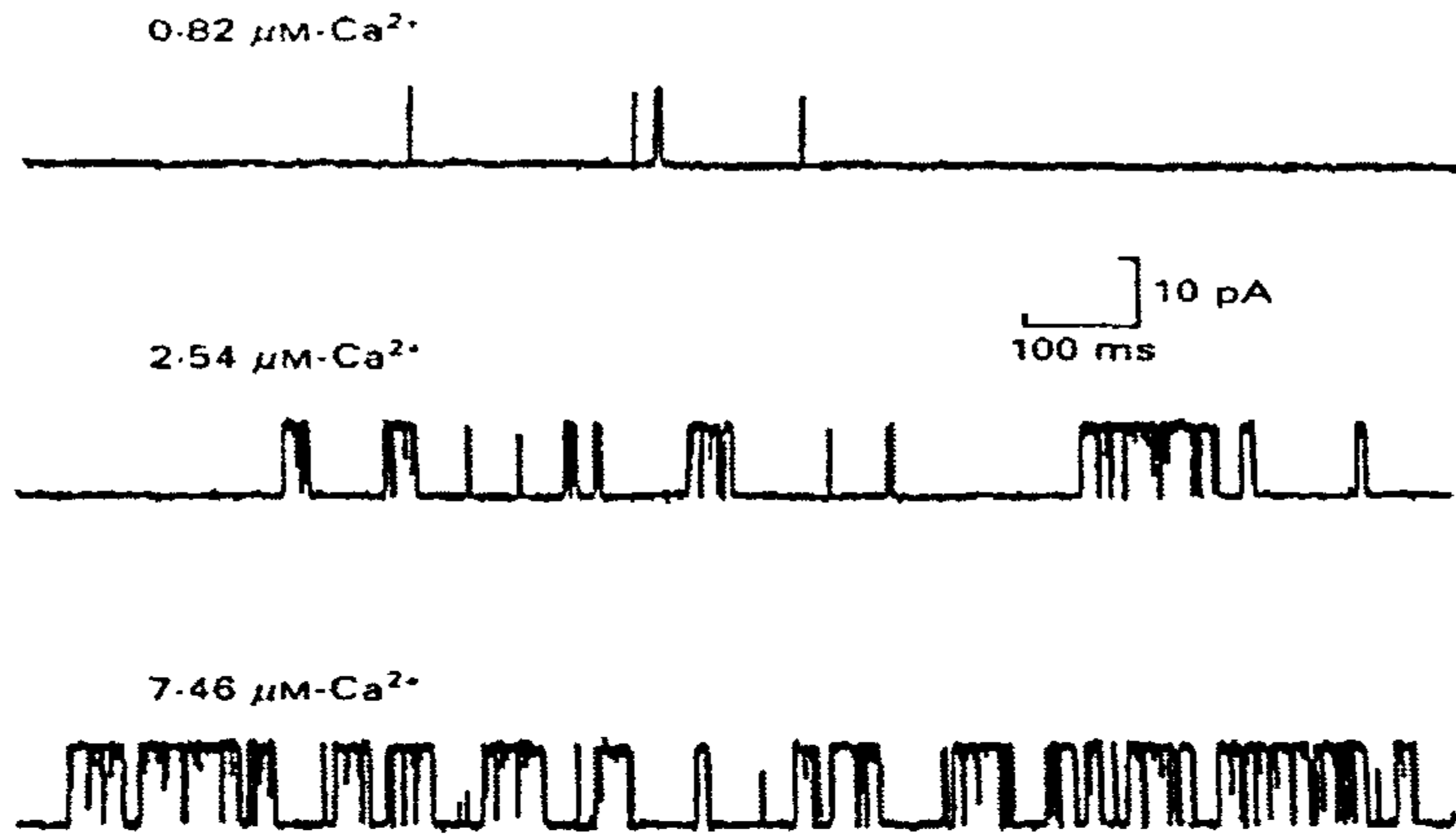


الشكل (٢)

التغيران في التوصيلات الكهربائية المسؤولة عن النشاط الكامن

إننا ندين بفهمنا لميكانيزمات النشاط الكامن إلى بحوث كل من هودكن وهكسلى على المحور العصبى لكلمار Calmar. إن تنشيط موصلتين كهربائيتين بعدم الاستقطاب يحرك حلقتي استرجاعيتين متعارضتين. دائرة استرجاعية إيجابية: إن عدم استقطاب الغلاف يزيد من قابلية للتوصيل الكهربائى لدى أيونات Na ؛ وهذا يؤدي إلى دخول Na فى الخلية وإذن عدم استقطاب. إذا استمر هذا المسار وحده لا يتوقف إلا إذا أدى عدم الاستقطاب بالغلاف إلى توازن كامن فى أيونات Na. دائرة استرجاعية سلبية: إن عدم استقطاب الغلاف يزيد من قابلية التوصيل الكهربائى للأيونات K، مما ينتج عنه efflux للأيونات K وإذن الاستقطاب الأقصى للغلاف. هذه العملية تتعارض تمامًا مع العملية السابقة (وإذن فى بداية النشاط الكامن) إذا لم يكن «متأخرًا»: فهو لا يبدأ إلا إذا كان النشاط الكامن قد بدأ، وبهذا سوف يساهم فى إتمام النشاط الكامن بإعادة استقطاب الخلية.

وعلى ذلك فإن الكروكي المرسومة لى فى ركن من مفرش المائدة فى السبعينيات نجد أنها توقعت بطريقة مذهشة، المعطيات الشديدة للبيولوجيا الذرية والبيولوجيا البنائية.



شكل (٣)

قنوات K الحساسة لـ Ca داخل الخلية

التيارات العابرة للقنوات الأيونية الفردية المسجلة فى البتس المرفوع على

ألياف عضلية مخططة على كمون إيجابي. الأيونات K العابرة للقناة تعطي فرصة لتيار خارج (متجة نحو الأعلى) حينما يتنوع تركيز Ca على السطح الداخلى للخلية من  $0.82 \mu M$  إلى  $7.46 \mu M$ ، سعة التيار لا تتغير ولكن عدد القنوات ومدتها تزيد. احتمال فتح القناة يزيد كدالة لـ Ca.

### الإشارات المتدرجة والإشارات الدورية

إذا كان النشاط الكامن أكثر الإشارات لفتاً للنظر فهو ليس الوحيد، وواقعة أنه «كل أو لا شيء» لا تسمح له بأن يكون مستخدماً فى العمليات الحسابية التى تضمن الجمع والطرح والضرب والتكامل°.

نفس آلات التقنيات التى أتاحت فهم النشاط الكامن وأدت إلى التعرف على البروتين الذى يبنى هذا النشاط تم تطبيقها فى تحليل الإشارات الأخرى، وبالذات المشتبكات الكامنة. فى نقطة الالتقاء بين العصبونات والمشتبكات تُظهر الميكروسكوبية الإلكترونية، فى النهايات ما قبل المشتبكية، وجود الحويصلات المشتبكية (ملينة بالناقلات العصبية) ومن الناحية الأخرى من الثغرة المشتبكية، نلاحظ غالباً سُمك يترجم وجود تركيبات ماكروذرية، تنظم حول البروتين (مستقبلات) سوف تتركز عليها الموصلات العصبية. ووصول الحركة الكامنة يثير انفجار (exocytose) الانتفاخات المشتبكية. الموصل العصبى ينتشر خلال مساحة مشتبكية فى حدود  $200 \text{ \AA}$  أنجستروم لكى يُثَبَّت على مستقبلات ما بعد المشتبكات ويبدأ فى فتح القنوات الأيونية فى المستقبلات. وتبعاً للاختيار الأيونى لهذه القنوات فقد يؤدي هذا إما إلى عمليات استقطاب (وخلق إذن مثير مشتبكى كامن) وإما إلى استقطاب أقصى (وإذن مثبط مشتبكى كامن). إن عصبوناً ما قد يتلقى عدة عشرات من الآلاف من التماس المشتبكى، والعملية الحسابية الأساسية لديه عبارة عن إجراء المجموع الجبرى لآثار عدم الاستقطاب والاستقطاب الفائق.

مستقبلات الموصلات العصبية ذات الأثر السريع (أسيتيل كولين وحمض جاما أمينو بيتوريك وجليسين وجلوتاميت وATP... إلخ) تم استنساخها تقريباً. لا

يوجد منها ما أصبح متبلوراً، ولكننا نعلم أن الأمر يتعلق بـ مالتيمير (بينتامير أو نيترامير). وقناتها تشبه القنوات الأيونية المفتوحة للتغير الكامن. وهي تختلف عن هذه الأخيرة من حيث إن «الأبواب» التي تتحكم في فتح القنوات محكومة برابطة الموصلات العصبية وليس بما هو كامن. وفي بعض المستقبلات مع ذلك، يوجد تحكم مزدوج. وهي خاصة حالة مستقبلات الجلوتاميت المسماة «NMDA» التي لا تفتح إلا إذا تحقق شرطان متزامنان: رابطة الجلوتاميت وعدم الاستقطاب، وهذه الأخيرة لها أثر نقل إيون Mg من القناة، وهذا الإيون يتجه للتثبت على الكومونات السلبية.

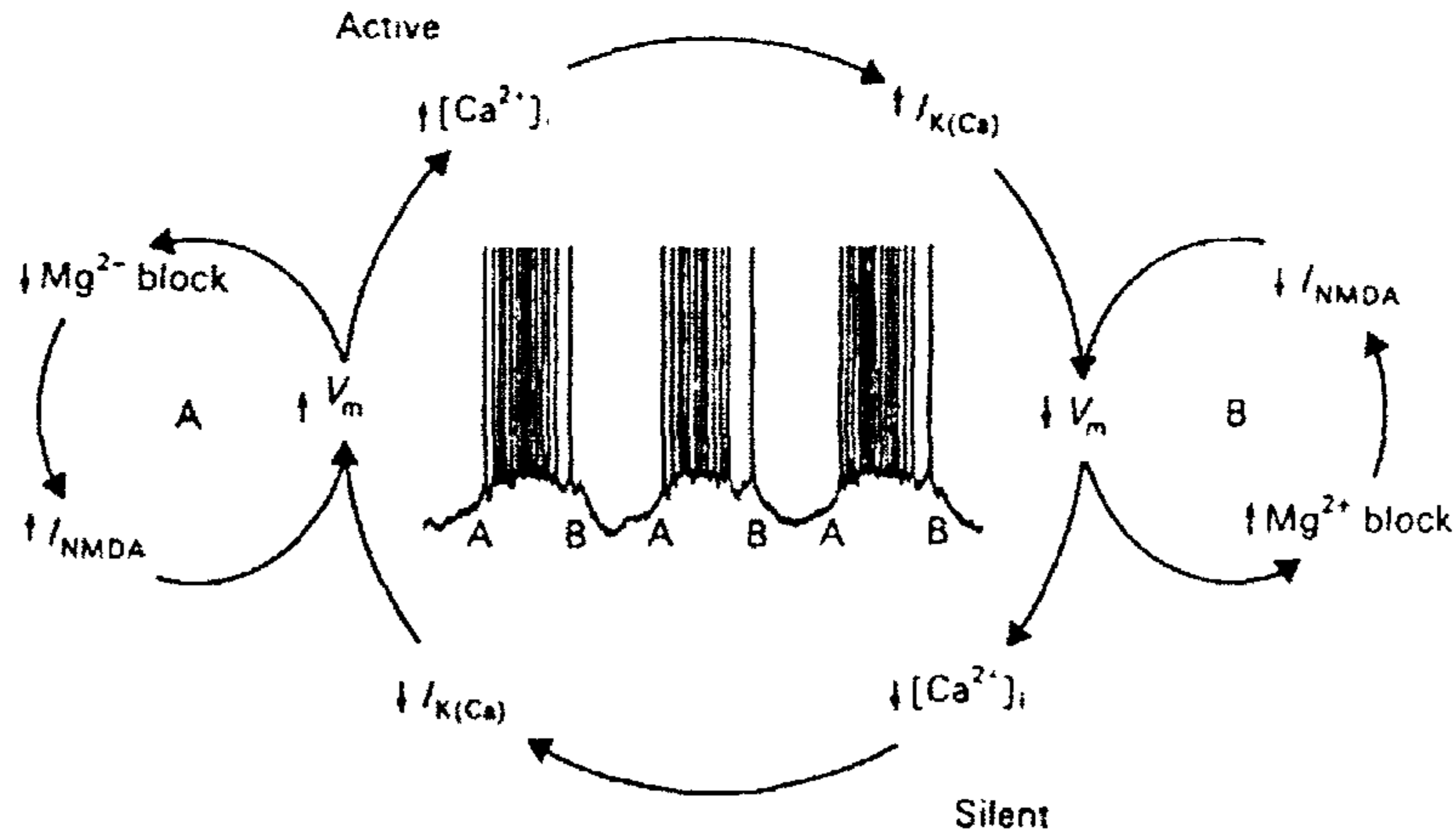
إن عدد القنوات الأيونية المستسخة ازداد بسرعة شديدة (إنه يعد الآن بالمئات) ولكنه بطريقة إلى التوازن حالياً: ولا يوجد عملياً تغير في التوصيل الكهربائي، يحدده أخصائي الفسيولوجيا الكهربائية، يمكن مواجهته بمرشح للاختبار أو أكثر في مرحلة معروفة.

### الإشارات الدورية تستخدم هي أيضاً قنوات أيونية

الإصدارات الإيقاعية للنشاط الكامن المتضمن في كثير من الظواهر الفسيولوجية أو المرضية — مثل حالة النوم، (التي نعرف منذ زمن بعيد أن التحركات الشكلية للعصبونات المخية «تؤشر» لمختلف حالات النوم)؛ وحالة الأنشطة الحركية الإيقاعية كالمشي والسباحة والتنفس؛ وحالة البؤر الصرعية. وفيما وراء ذلك فإن الدور المسند للتذبذب في نشاط المخ ينمو بانتظام.

وآليات التذبذب في الغلاف الكامن في غاية التنوع، بعضها يتضمن خواص مرتبطة بعصبون واحد، وبعضها الآخر مرتبط بتفاعلات العصبونات في «دائرة متذبذبة». وفي حالة التذبذبات المرتبطة بإيقاعات النوم، فإن أحد العناصر الأساسية للإيقاع هو اشتراك قناتين أيونيتين،  $I_T$  و  $I_h$  في نفس العصبون التابع للمهاد، وهما القناتان المستسختان سنة ١٩٩٨. وفي حالة تذبذبات كثيرة والتي

تطلق أنشطة حركية، فإن زوجاً آخر من القنوات يتدخل: قناة مستقبلية NMDA والتي تبلغ حساسيتها للكمون أنها من الممكن أن تطلق سير عملية عدم الاستقطاب المجدد، وقناة K منشطة بـ Ca داخل الخلية، هي أساس لسير عملية استرجاعية سلبية (شكل ٤).



شكل (٤)

رسم بياني لنموذج مصغر لنشوء النشاط الإيقاعي بتنشيط المستقبلات NMDA

الدائرة الصغيرة اليسرى توضح الأثر الكامن على القنوات NMDA: عدم الاستقطاب يرفع الكتلة Mg مما يفتح القنوات ويزيد من الاستقطاب (الحلقة الاسترجاعية الإيجابية). الدائرة الكبيرة توضح الآثار المرتبطة بتغير التركيزات داخل الخلايا للـ Ca: دخول الـ Ca يزيد عندما يؤدي عدم الاستقطاب إلى فتح القنوات NMDA المسامية للـ Ca. ولكن عندما يصبح تركيز الـ Ca داخل الخلية مرتفعاً، فإنها تطلق فتح قنوات k الحساسة للـ Ca (شكل ٣) وهذا يعيد استقطاب الخلية. وإعادة الاستقطاب هذه تقفل قنوات NMDA و(الدائرة الصغيرة ناحية اليمين) الحلقة الاسترجاعية تقوم بدور الآن لتزيد من إعادة الاستقطاب.

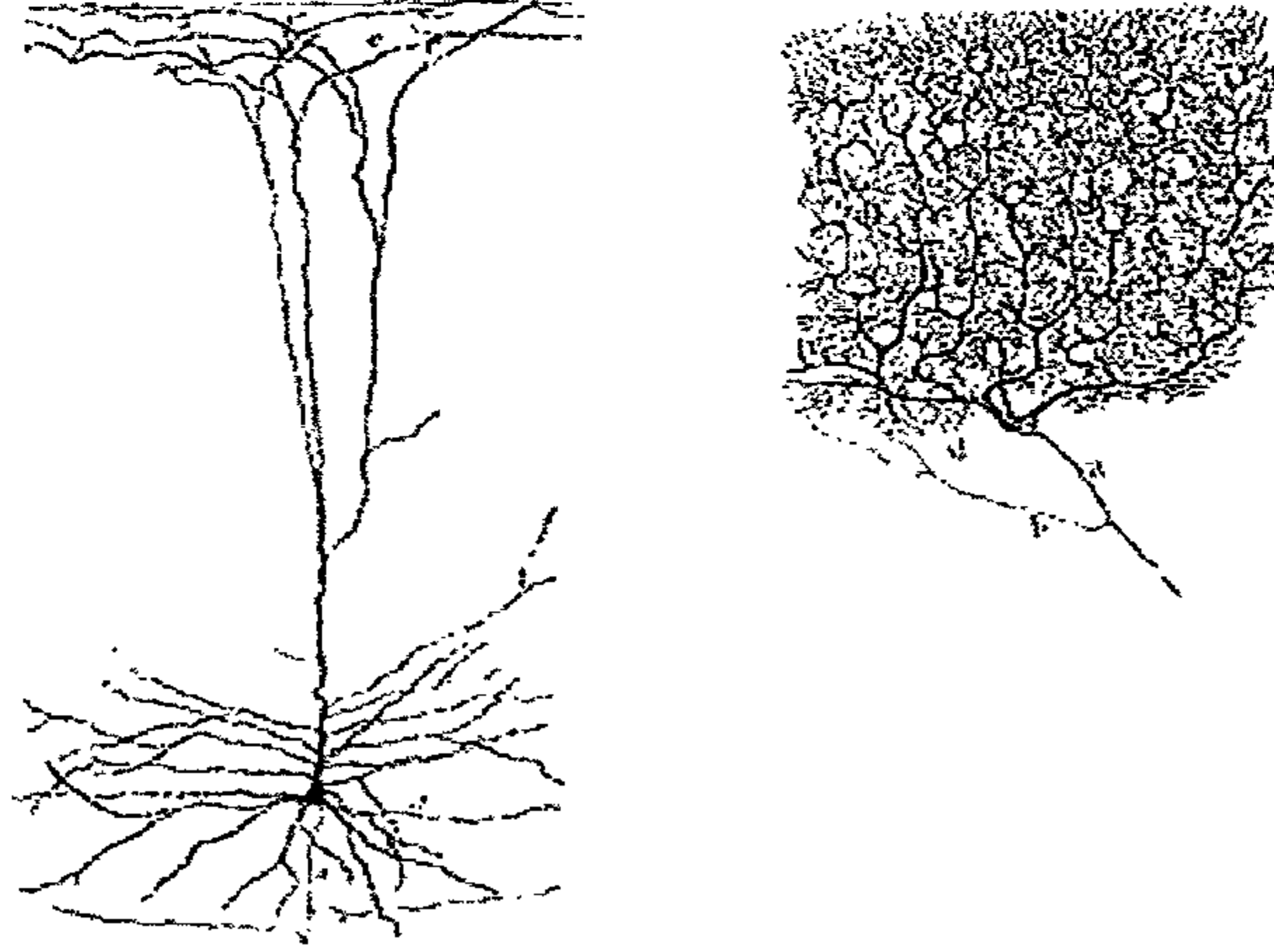


## يمكن للزوائد العصبية أن تضخم المشتبكات الكامنة ويمكن أيضا أن تحس إمكانات كامنة للحركة

النموذج الأقدم للعصبون الذى يسمى أحيانا *integrate and fire* («تكامل وشحن») يتميز بوجود منطقتين للكمون: منطقة موجودة تحت العتبة حيث يتم مجموع المداخل، ومنطقة فوق العتبة حيث يوجد إصدار للحركة الكامنة «كل أو لا شيء». وناتج جمع المشتبكات الكامنة يتوقف ليس فقط على سعتها وإنما أيضا على حركيتها (انطلاق سريع ومسار أبطأ) والفروق الزمنية التى تتتابع بها الرسائل. المسار يرتبط بدوره بعدة قياسات (مقاومة الدخول للخلية وحركية العلاقة بين الموصل والمستقبل والمحاولات الأولى للنمذجة) ولكن أيضا لهندسة العصبون.

وبداية من سنوات الخمسينيات كان قد تم التحقق من أن استقبال الإشارات ونقلها يتم فى مناطق مختلفة: لدى الفقرات تتم التقربات المشتبكية على الجسم والزوائد العصبية فى حين أن الحركة الكامنة تولد فى نقطة بداية الـ axone (مخروط أكسونى) وكانوا قد لاحظوا مبكرا المشكلة التى يطرحها التكامل على مستوى المخروط الأكسونى، للإشارات المتلقاة من أفرع الزوائد الأكثر بعدا (شكل ٥): هذه الإشارات كان يجب أن تكون منخفضة بشكل كبير بين الزوائد والمحور العصبى بحيث لم يكن مفهوما الدور الفسيولوجى الذى تلعبه. وخلال السنوات الأخيرة تم حل المشكلة بتوضيح أن الزوائد لديها قنوات حساسة للكمون وليست (أو نادرا) ما تكون سلبية. المشتبك الكامن غير المستقطب (المثير) يمكن أن يتضخم بوجود تيارات نشطة (تيارات Na و تيارات Ca) ؛ ويمكن أيضا أن يخفض أو يختصر بتيارات أخرى حساسة للكمون (تيارات  $K^+$  و تيارات  $I_h$ ) ويبدو من الضرورى الآن إنشاء حسابات «موضعية» لتطور التيارات. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الزوائد قادرة على تنمية كمونات الحركة، مما يحل مشكلة نقل الرسائل الآتية من مناطق الزوائد الأكثر بعدا. وأخيرا فإنه فى كثير من العصبونات تعتبر الزوائد مركزا لكمونات حركة «أنثيدروميك» التى تنتشر من الجسم نحو الزوائد

مغتصبة «قانون الاستقطاب الديناميكي» ذلك القانون الذي يجعل كمون الحركة لا يمكن أن ينتشر، في الظروف الفسيولوجية، إلا في اتجاه «أورثودروميك» (الزوائد نحو الأكسون). استرجاعية الانتشار للنشاط الكامن تُعلم العصبونات المثيرة المنشطة إلى أن نشاطها أدى إلى إرسال نشاط كامن.



شكل (٥)

زوائد شجرية لاثنين من العصبونات الأكثر دراسة في الجهاز العصبي المركزي  
للفقریات: خلية هرمية من القشرة المخية على اليسار؛ وخلية  
Purkinje في المخيخ، على اليمين.

### الدونة المشبكية. التحقق من التطابق

الجهاز العصبي لدن. وقد تمت المحاولات الأولى لتفسير هذه الدونة بطرق بحث خلوية من قبل عالم النفس دونالد هب Donald Hebb في سنة ١٩٤٩، وأصبح هذا التفسير مشهوراً بعد اكتشاف «الكمون بعيد المدى» (LTP). وتعرض بعض المشبكات التي تم التعرف عليها، لاستثارة ذات تردد عال لمدة ثوانٍ قليلة يمكن أن يغير من الفاعلية المشبكية لفترة قد تمتد عدة ساعات، أو حتى عدة أيام. ومن المشبكات الأكثر تعرضاً للبحث وهو مشبك قرن آمون hippocampe نعرف أن:

- الاتصالات المشبكية تتم على الزوائد الشجرية على مستوى «أشواك الزوائد» التى تحمل نمطين من المستقبلات للجلوتاميت، مستقبلات AMPA ومستقبلات NMDA.

- حينما ينبه الخيط القبل مشبكي بإيقاع ضعيف، فإن الكمون المشبكي يسببه تنشيط مستقبلات الجلوتاميت من النوع AMPA-R. وهو ذو مقاس ثابت وفى أغلب الأحيان أصغر من أن يسمح للغشاء الكامن بالوصول إلى عتبة النشاط الكامن. والمستقبلات NMDA مثبتة بأيونات Mg.

- وإذا كان تحرر الجلوتاميت glutamate بالخيط القبل مشبكي يتطابق مع عدم استقطاب الزوائد فإن قنوات استقبال NMDA يمكن أن تفتح. ودخول Ca الناتج من هذا الانفتاح سوف يؤدي إلى عدم استجابة المستقبلات AMPA وذلك جزئياً بإدماج الغشاء القبل مشبكي للمستقبلات AMPA التى سبق جمعها تحت غشاء البعد مشبكي.

يظهر المستقبل NMDA هنا «ككاشف للتطابق» ودخول Ca لا يتم إلا حينما تتطابق وصلة الجلوتاميت على مستقبلات NMDA فى الزمن مع عدم استقطاب الزوائد. عدم الاستقطاب هذا يُحرّض بالنشاط الكامن «antidromique» الذى يصعد من الجسم الخلوى ويشير إذن للمشبك أن يوجه إرسال للنشاط الكامن - إما لواقعة التنشيط المتكرر للمشبك المدروس (الكمون المشبكي البشرى)، أو واقعة الاشتراك فى زمن تنشيط هذا المشبك مع تنشيط مدخل مشبكي آخر (الكمون المشترك). والحالة الأولى هى بالدقة ما تنبأ به هب Hebb حينما كتب: «حينما يكون محور عصبى لخلية أ جاهزاً للاستثارة بالخلية ب وأنه بطريقة متكررة أو مستمرة يساهم فى تفريغ هذه الخلية، فإنه يحدث فى إحدى الخلايا أو فى كليتهما تكاثر أو تغير أبيضى بحيث إنه فى داخل مجموعة الخلايا القادرة على تنشيط ب تزيد فاعلية أ.»

يجب أن ينوه إلى أن العملية السيمترية للكمون والانخفاض طويل المدى موجودة فى نفس المشبكات، ويسمح لنا هذا أن نفسر أن الجهاز لا يتشبع خلال حياة الحيوان.

## إلى أين يذهب تحليل الإشارات العصبية؟

نحن ندخل فى القرن الحادى والعشرين بصورة متماسكة لما يسمى عصبون وبوعى حاد لمدى تنوع هذه العصبونات. وإحدى التطورات المنظورة للبحوث القادمة هى فهم عمل الزوائد الشجرية، وفيما بعد المشتبكات المنفردة. وجزء كبير من المشتبكات تتم على الأشواك المشتبكية. هذه النتوءات التى تبلغ كسر من  $\mu m$  الذى حدد منذ بداية القرن العشرين (١٩٠٩) من قبل Cajal تحسب بعشرات الآلاف على الخلايا الهرمية للقشرة المخية وتعد بمئات الآلاف على زوائد خلايا purkinje بركنجى. والأشواك الشجرية صغيرة جدا بحيث يصعب الوصول إليها من قبل علماء الفسيولوجيا الكهربائية. ولكن دراسة هذه الزوائد دخلت حديثاً فى مرحلة جديدة بفضل مزج طريقتين تكمليتين: تطور التصوير الجبرى الذى يتيح متابعة «مباشرة» لتطور تركيز Ca السيتوبلازمى وتطور وسائل ميكروسكوبية جديدة (الميكروسكوبية مزدوجة البؤرية والميكروسكوبية مصاحبة البؤرية) الذى أتاح تناول مقياس الميكروميتر الذى كان «ممنوعاً» حتى الآن.

يصف لنا نص شهير لشيرينجتون sherrington المخ «كنول سحرى» (نول هنا بمعنى نول نسيج) an enchanted loom where millions of flashing shuttles weave a dissolving pattern, always a meaningful pattern though never an abiding one; a shifting harmony of subpatterns سحرى حيث ملايين المكوكات المتحركة تنسج نموذجاً متغيراً، ودائماً ذا معنى حتى وإن لم يكن أبداً مستمراً». ويبدو أننا على مشارف تحقق هذه الرؤية التنبؤية.

1. PICCOLINO, *Trends in Neurosciences*, n° 23, 2000, p. 147-151.
2. DU BOIS REYMOND (E.), *Reden*, Leipzig, vol. 2, 1887.
3. BULLOCK (T.-H.), ORKAND (R.) et GRINNELL (A.), *Introduction to nervous systems*, San Francisco, Freeman, 1977 (fig. 4.8, 4.9 et 4.10).
4. McMANUS et MAGLEBY, *J. Physiol.*, London, n° 443, 1991, p. 739-777 (fig. 2A).
5. KOCH (C.), *Biophysics of computation*, Oxford University Press, 1999.
6. HU (B.) et BOURQUE (C.-W.), *J. Physiol.*, London, n° 458, 1992, p. 667-687 (fig. 16).
7. RAMON Y CAJAL (S.), *Histology of the Nervous System of Man and Vertebrates*, Oxford University Press, 1995 (fig. 369 et fig. 6).
8. SHERRINGTON (C.), *Man and His Nature*, 1940.

## المخ الخاص بالمعرفة فسيولوجيا المعرفة وصور المخ<sup>(٣)</sup>

بقلم: برنارد مازويير

Bernard MAZOYER

ترجمة: ماجدة الريدى

إن العلاقات بين المخ والفكر كانت لمدة ٢٥٠٠ سنة موضع تفكير مستمر ومناقشات نظرية حارة بين الماديين والثنائيين. الأوائل (أفلاطون Platon ودى لامترى de La Mettrie وجال Gall) يعتبرون أن المخ هو مصدر ومركز أفكارنا ومشاعرنا على حين أن الآخرين (أرسطو Aristote وديكارت Descartes..) مع اعترافهم للمخ بدور ما فى أفعالنا فإنهم يرجعون أفكارنا ومشاعرنا إلى موضوع لامادى أو بالأحرى مفارق يسمح احتماليا لعقلنا بأن يتبعنا بعد الموت. وغياب طرق ملاحظة المخ أثناء أدائه سمح بانتقال هذا النقاش عبر القرون، وكان لابد أن ننتظر حتى القرن العشرين حيث أصبح المخ متاحًا للتجريب. إن نمو طرق البيولوجيا الذرية والخلوية للعصبون، وكذلك ابتكار تقنيات تسمح بدراسة خواصه الكهربائية والأبضية أتاح تقدمًا كبيرًا فى فهم وظائف مكونات العصبون الأساسية. أغلب معارفنا عن عمارة وعمل المخ الإنسانى تم الحصول عليها إذن من المستوى الميكروسكوبى، سواء عن طريق التحليل بعد الموت لبنائها أو بتعميم نتائج الدراسات المنفذة فى الجسم الحى in vivo على الحيوان بمساعدة تسجيلات النشاط الكهربائى أو الأيضى للعصبونات.

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٣٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣ فبراير ٢٠٠٠.

ومع ذلك، توجد خاصية أساسية للمخ، وهى تعدد مستويات تنظيمه التى تمتد على مدرج مزدوج مكاني وزمنى. الفحص المجهرى والماكروسكوبى (الذى يرى بالعين المجردة) للحاء يبين فعلا عناصر بنائية مختلفة يتراوح مقاسها ما بين بضعة Angströms أنجستروم إلى عدة سنتيمترات: من ذرات ومشتبكات وخلايا وأعمدة وتجمع أعمدة فى شبكات موضعية مشكّلة مناطق ماكروسكوبية، وشبكات مساحات ماكروسكوبية.

ويتطابق مع هذه المستويات المختلفة من العمارة خصائص وظيفية مسماة البازغة، أى تلك التى يمكن تفسيرها بشكل مباشر بخواص المستويات التحتية. الأحداث المخية تتم فعلا بمقاييس زمنية مختلفة: أقل من المللى ثانية فيما يتعلق بالأحداث الذرية مثل التفاعلات بين العصبونات الموصلة والمستقبلية، وبضع من المللى ثانية فيما يتعلق بكوامن الغلاف وعدة مئات من المللى ثانية فيما يتعلق بدينامية شبكات المناطق عن بعد، ومن عدة دقائق إلى سنين عدة حينما يتعلق الأمر باكتساب مهارات معرفية كاللغة أو الذاكرة.

صعوبة دراسة عمل المخ الإنسانى على المستوى الماكروسكوبى تأتى من أن الأمر يتعلق بعضو حيوى محمى بالقحف الذى لا يجعله فى متناول الدراسة الخارجية، وحيث الدراسة المباشرة قد تطلبت حتى وقت قريب مقاربة صدمية للحيوان أو خلال تدخلات جراحة الأعصاب. عدا ذلك فإن دراسة الهندسة الوظيفية الماكروسكوبية للمخ الإنسانى، الحامل لوظائفه الأكثر رقيًا والمسماة أيضا الوظائف المعرفية أو الوظائف المتكاملة، ظلت حتى نهاية القرن التاسع عشر موضع تفكير ومناقشات محمومة. ويمكننا أن نرجع لبول بروكا Paul Broca الدراسة التجريبية الأولى للتحديدات الموضعية للعمليات المعرفية وذلك فى سنة ١٨٦١، وذلك بفضل ملاحظة مريض باضطراب فى اللغة أثبت الفحص الرمى للمخ بعد بضعة أيام من ظهور الاضطراب، تهدم جزء من المنطقة السفلى للفص الجبهى الأيسر. وكونت هذه الملاحظة نقطة البداية لمنحى تجريبى يسمى التشريح الإكلينيكي، أو الصدعى وهو عبارة عن عملية ربط اضطراب وظيفة معرفية مع مكان صدع مخى. وكان

الأمر محدودًا في البداية، لضرورة انتظار موت المريض لتحديد مركز الصدع المسئول عن التلف المعرفي وذلك بتشريح المخ، وهذا المنحى المسمى أيضا السيكلوجيا العصبية عرف لحظات مجده بظهور جهاز المسح بأشعة إكس في السبعينيات، ثم التصوير بالرنين المغناطيسى (IRM) في الثمانينيات، وهاتان الطريقتان للتصوير غير الصدميتين تسمحان لدى الإنسان الحي بملاحظة البناء الماكروسكوبى للمخ وللصدوع المحتملة على شكل سلسلة من المقاطع. وعلى الرغم من أن السيكلوجيا العصبية أمدتنا بالأساس لمعارفنا عن هندسة الوظائف المعرفية حتى وقتنا الحالى إلا أنها تظل محكومة بحدود كثيرة فيما يتعلق بإمكانية التعميم على المخ المعافى للنتائج المستخلصة من ملاحظة المخ المصدوع الذى يعانى من تعسر وظيفى: يوجد بالفعل تنوع كبير من مريض لآخر من حيث الطبيعة الدقيقة ومدى الاضطرابات المعرفية ومن حيث مواقع ومقاسات الصدوع وتطورها عبر الزمن وأهمية ظواهر اللدونه والاستعادة.

وفى هذا السياق ما يعتبر ثورة حقيقية، هو ابتكار تقنيات جديدة للتصوير خلال التسعينيات تسمح بدراسة عمل المخ على المستوى الماكروسكوبى وليس فقط دراسة بناء المخ الإنسانى الحي، وكل هذا بطريقة غير صادمة. وهذه التقنيات المختلفة تتيح الحصول على صورة ثلاثية الأبعاد لبراميتير فسيولوجى على علاقة مباشرة أو غير مباشرة بالنشاط المشتبكى الموضعى. وبشكل تخطيطى توجد مجموعتان من التقنيات: الطرق الكهرومغناطيسية (التخطيط الكهربائى للمخ أو EEG والتخطيط المغناطيسى للمخ MEG)، وطرق ديناميات الدم والطرق الأيضيه (توموجرافيا تصوير شعاع طبقى للأوضاع أو TEP والتصوير بالرنين المغناطيسى الوظيفى أو IRMF).

الطرق الكهرومغناطيسية قائمة على ملاحظة الظواهر ذات العلاقة المباشرة بتبادل المعلومات بين العصبونات. بعض خواص غلاف العصبونات تتيح لها بالفعل تبادل المعلومات على هيئة نبضات كهربائية trains، تسمى كمونات النشاط



التي تنتشر بطول محور الخلية العصبية حتى المشبكات، حيث يطلق تحرر في الفجوة المشبكية لذرة مسماة الموصل العصبى. وما أن يستقبل الموصل العصبى المثبت على المستقبلات الغلاف المشبكي البعدى للعصبون المعلومة، يظهر سواء عدم استقطاب (فى حالة مشبك مستثير) أو استقطاب عال (فى حالة مشبك كاف) لغلاف عصبون المشبك البعدى. التكامل فى كل لحظة لعصبون ذى ألف من تلك المعلومات يؤدى إلى ظهور أو عدم ظهور للنشاط الكامن الذى ينتشر بدوره نحو ألف من العصبونات المرتبطة به. إنها حركات أيونات ( $Ca^{++}$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) عبر قنوات غلافية ناقلة تولد تنوعات الغلاف الكامن وتغير بطريقة آلية المجال الكهرومغناطيسى الموضعى. تنتشر هذه التنوعات بسرعة الضوء خلال الأنسجة ويمكن تسجيلها بطريقة آلية خارج الرأس سواء على شكل تغيرات للكهرباء الكامنة (EEG)، وذلك بمساعدة إلكتروود موضوع على فروة الرأس أو فى المجال المغناطيسى (MEG)، بمساعدة مقياس مغناطيسى. ورغم تشبه إشارات EEG لمرورها بالأنسجة المختلفة التي ينتشر خلالها المجال الكهربائى فإنها تكون أسهل تسجيلاً (هى بحدود بضعة ميكروفولت) من إشارات MEG فهى بحدود بضعة فيمتوتسلا (أى أضعف من المجال المغناطيسى الأرضى بمئة مليار مرة!)، بحيث يلزم قوابض خاصة تسمى أسكيد SQUIDS (اختصاراً لـ «جهاز تدخل السوبر كانتوم») وقفص فراداي. ومن مميزات التقنيات الكهرومغناطيسية أنها تعطى انعكاساً مباشراً للنشاط المشبكي وتسمح بمتابعته خلال زمن حقيقى أى فى حدود المللى ثانية وأنها آمنة تماماً بما أنها تتم بملاحظة المجال EM المنتج تلقائياً من مخ المفحوص. ومحدودياتها الأساسية تقع فى انعدام قدرتها على إعطاء تموضع دقيق غير مشكوك فيه وكذلك عدم قدرتها على تحديد عدد المناطق العصبية التي تكون السبب فى تغيرات مجال EM الملاحظة. وتأتى هذه المحدودية النظرية من أن المشكلة المتضمنة فى حساب توزيع المصادر العصبونية الكهربائية المنتظر منها خلق تغيرات المجال EM الملحوظة على فروة الرأس تفترض عدد لا نهائى من الحلول. يتوقع من هذه الطرق منحنا معلومات أساسية عن توقيت وإيقاعات

الأنشطة العصبونية، ولكن يجب وجوباً أن تتزاوج مع مناح أخرى حتى نحصل على معلومة عن تموضع هذه الأنشطة بطريقة موثوق بها.

المجموعة الثانية من طرق التصوير المخي قائمة على الإشارات التي لا تأتي مباشرة من النشاط الكهربائي للعصبونات ومن عملية النقل العصبوني نفسها وإنما تكون نتيجة لها. وتولد تنوعات النشاط المشتبكي (استقطاب الأغلفة) استهلاك موضعي للطاقة (على شكل تدهور في النهايات المشتبكية أدنوزين ثلاثي الفوسفات أو) الذي يخدم إعادة مكونات الغلاف والتركيب الجديد للناقل العصبي،... إلخ.

في الخلايا العصبية يمر التركيب الجديد ATP بالضرورة بالأبيض الهدمي للجلوكوز في وجود أو عدم وجود الأوكسجين، وهو تفاعل يتم في الميتوكوندري وهي ميكروبنائيات موجودة في العقد المشتبكية. وبما أن الخلايا العصبية ليس لديها مخزون من الجلوكوز بعيد المدى، فإن أي استهلاك موضعي للـ ATP يتطلب في نفس المكان تسلم لمزيد من الجلوكوز والأوكسجين.

ويؤمن هذا التسليم بزيادة في المعدل الدموي المخي الموضعي عن طريق آلية ليست معروفة تماماً، ولكن يبدو أنها تعمل على إدخال ظواهر جينية عصبية ووسائط كيميائية في الوقت نفسه. وتسمى التقنيات الدينامية الدموية (TEP, IRMF) كذلك لأنها تتيح الحصول على خرائط للمعدل الدموي المخي في المنطقة (DSCR)، بفضل القياس من الخارج لدرجة تركيز مادة تتوزع كدالة للـ DSCR. ومن المهم أن ينوه إلى أن الموضوع هنا عبارة عن قياس غير مباشر للنشاط المشتبكي، وخاصة أن الاستجابة الديناميكية الدموية لنشاط عصبوني تجد نفسها قد تأخرت (ثانية أو ثانيتين) وامتدت (لمدة من ثانية إلى عشرين ثانية) بالنسبة للنشاط المشتبكي من حيث القصور الذاتي للجهاز الوعائي.

في الـ TEP وهي تقنية ظهرت في نهاية الثمانينيات تكون المادة عبارة عن ماء أصبح مشعاً باستبدال أوكسجين - ١٦ الطبيعي بأوكسجين - ١٥ مرسل لبوزيتون (والبوزيتون هي جزيئات مضادة من الإلكترون) والتي يحقن بها

الشخص عن طريق الوريد وتتوزع حسب المعدل الدموي. فى النسيج المخى يتوزع الماء المشع وبالتالي فإن عدد مرات إرسال للبوزيتون، متناسبة مع DSCR. كل إرسال للبوزيتون يولد زوجاً من الفوتون جاما عكس متوازٍ الذى يعبر المخ ويمكن كشفه بفضل عدة آلاف من الكاشفات الموضوعة على شكل حلقات حول رأس المفحوص. وعلى أساس تسجيل مجموع المرسلات للأوضاع خلال مدة دقيقة تقريباً، من الممكن إعادة بناء توزيع الإشعاع وإعادة بناء DSCR فى المخ. لتوضيح شبكة المناطق المخية المعنية بمهمة معرفية، نقوم بعمل قياسات متكررة لـ DSCR بينما يقوم المفحوص بأداء المهمة وكذلك خلال شرط تحكمى (فترة مدتها عشر دقائق ضرورية بين قياسين متتاليين حتى يختفى الإشعاع المخى لقياس ما حيث إن الأوكسجين -15 له نصف عمر إشعاعى مدته مائة وثلاثة وعشرون ثانية). فمثلاً لدراسة المناطق المخية المعنية بفهم حكاية، تُقدم للمفحوص حكاية قصيرة من خلال سماعات ويتم التسجيل بينما هو يستمع. ثم بعد عشر دقائق يتم تسجيل جديد بينما المفحوص فى حالة الراحة. وهذا الزوج من الشروط يمكن أن يكرر حتى 6 مرات لنفس المفحوص. والفرق بين خرائط النتائج الخاصة بكل من الشرطين (الاستماع للحكاية مطروح منها الراحة)، يسمى خريطة النشاط المخى، ويبين المناطق حيث معدل السرعة وكذلك النشاط المشتبكي قد تغيرا خلال إجراء الوظيفة المعرفية موضع الفحص. والعدد الكبير من الكاشفات يسمح برسم خريطة للمخ فى مجموعة ثلاثية الأبعاد بدقة بحدود 0.2 سم<sup>3</sup>، ولكن الـ TEP يقدم قيوداً كثيرة عملية وتكنولوجية. فى المقام الأول يجب حقن مادة مشعة للمفحوص بكميات صغيرة طبعاً، ولكنها كافية بحيث يكون العدد الكامل للقياسات لشخص واحد فى حدود 12 قياساً. ولما كانت الكيفية الإحصائية للصور TEP التى يتم الحصول عليها لشخص واحد، فى أغلب الوقت، غير كافية فإن الخرائط الخاصة بعدة أشخاص يجب أخذ متوسطها حتى يمكن عمل تحليل يوثق به. إجراء عمل المتوسط للصور المخية لأشخاص مختلفة يطرح قضايا نظرية وعملية كثيرة، نظراً للتنوع التشريحي والوظيفي الموجود بين الأشخاص؛ هذه القضايا لم تحل إلا جزئياً على حساب تدهور الدقة المكانية للتقنية التى تدور حول اسم<sup>3</sup>. ومن ناحية أخرى، فإن TEP لها دقة زمنية ضعيفة وبحدود دقيقة مما يجبر المفحوص على

أداء الوظيفة المعرفية موضع الدراسة على مستوى ثابت خلال الدقيقة، ويمنع بهذا من دراسة الإجراءات المعرفية التي تكون مدتها أقصر. وأخيراً فإنه برغم كونها التقنية المرجعية خلال عشر سنوات في هذا المجال من البحث فإن انتشارها كان محدوداً نظراً لتكلفتها (لا بد من وجود سيكلوترون cyclotron بجوار كاميرا بوزيتون لإنتاج أوكسجين -15 مع وضع نصف عمره القصير في الاعتبار).

ومع أن TEP مازال مستعملاً حتى الآن إلا أنه قد حل محله في نهاية التسعينيات التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي (IRMF) . ومع أنه يشبه الـ TEP في بعض النواحي، خاصة في إمكانية الحصول على خريطة للوقائع الديناميكية الدموية المرتبطة بالأنشطة العصبونية، إلا أن أساسه وخواصه مختلفة تماماً. وحتى نفهم أساس الـ IRMF من الضروري أن نذكر بالأساس الذي يقوم عليه التصوير بالرنين المغناطيسي سواء كان تشريحياً أو وظيفياً. حينما يوضع شخص في مجال مغناطيسي ثابت، فإن اللحظات المغناطيسية (تسمى spins سبن) لبروتون ذرات الماء تتجه حسب اتجاه هذا المجال.

فإذا أخضعنا حينئذ مجموع الـ spins لموجة راديو ذات تردد مميز (في حدود 63 ميغاهرتز لمغناطيس 1,5 تسلا المستخدم عادة) فمن الممكن أن نجعله يتحرك 90°، ونقوم بقياس اللحظة المغناطيسية (التمغنط) الناتج عن مجموع الـ سبن بعد توقف موجة الراديو. هذه اللحظة المغناطيسية تخلق بالفعل حث تيار كهربائي sinusoidal في إريال موضوع حول رأس المفحوص. وفي الواقع فإن المغنطة وبالتالي التيار يخفى بسرعة نتيجة التفاعل الموضعي بين الـ سبن وسرعة الاختفاء متبعة قانون أسي يتميز بزمن يقال له زمن الاسترخاء، مع اعتبار أن T2 وحدوده بضعة عشرات من الملي ثانية. ووقت الاسترخاء T2 يتغير موضعياً في المخ كدالة لتكوين الأنسجة، وخاصة كدالة لوجود وسائط تسمى شبيهة بالمغناطيسية تقلل من قيمته. IRM يتيح الحصول على خرائط بقيمة T2 على درجة كبيرة من الدقة المكانية (في حدود 0,05 سم 3 عادة). والمبدأ الأساسي للـ RIM الوظيفي هو عمل خرائط تبين التغيرات T2 التي حثت عليها التغيرات الموضعية في التركيز الدموي لوسيط شبه مغناطيسي طبيعي، وهو (dHb)

ديكسوهيموجلوبين، هذه التغيرات تحدث عندما يتغير المعدل الدموي للمخ. الهيموجلوبين مركب وعائى داخلى ينقل الأكسجين من الرئة إلى الأنسجة. الدم الشريانى مشبع بالهيموجلوبين الأكسجيني وبعد توصيله للأنسجة فإن الدم الوريدي يتضمن بعض الكميات الديزوكسوهيموجلوبين من الهيموجلوبين بدون أكسجين.

حينما تكون منطقة مخية مركزاً لنشاط عصبونى يرتفع المعدل الدموي المخي الموضعي بنسبة أكبر من الاحتياجات من الأكسجين محدثاً نقصاً نسبياً للتركز الوريدي في الهيموجلوبين. وإذا حينما لا يكون مرتبطاً بأكسجين فإن الهيموجلوبين يظهر في وسطه ذرة حديد مما يجعل هذه الذرة شبة مغناطيسية.

باختصار، حينما يرتفع النشاط العصبونى في منطقة مخية يظهر في هذه المنطقة ارتفاع لزمان الاسترخاء T2 ناتج من انخفاض التركيز في dHb في القسم الوريدي الذى يصرف الدم منه. ومزايا تفوق هذه التقنية على TEP كثيرة. لا يوجد استخدام للإشعاع ولا الحقن بما أن المادة التى تتبع التغيرات DSCR (معدل الدم المخي الموضعي) داخلية. وهذه الخاصية تتيح أيضاً تتبع مستمر للتغيرات (وليس كل عشر دقائق كما في TEP) وهذا يفتح الطريق ليس فقط لعمل قياسات متعددة لنفس المفحوص وإنما أيضاً لدراسة العمليات المعرفية قصيرة المدى. وعدا المكسب في الدقة المكانية السابق الإشارة إليه فإن IRMF يتميز بدقة زمنية أفضل من الـ TEP والتى لا تحدها سوى دقة الاستجابة الوعائية، أى بضع ثوانٍ. وأخيراً توجد أجهزة كثيرة IRM تمت إقامتها مما أتاح التغلغل السريع للتقنية في مجال العلوم العصبية المعرفية.

في متناول يدنا حالياً إذن طرق تتيح ملاحظة الدينامية الزمنية لنشاط المشتبكات العصبونية، EEG و MEG وفى الوقت نفسه التحديد المكانى، TEP وخاصة IRMF<sup>(٤)</sup>.

(٤) وحتى يكون الأمر كاملاً يجب أن نشير إلى أنه من الممكن أيضاً أن نحصل عن طريق TEP على خرائط توزيع لبعض الناقلات العصبية والمستقبلات الغلافية على مستوى المشتبكات. ومع ذلك فما زال من غير الممكن ملاحظة تغيرات التركيز داخل المشتبك للموصلات العصبية ولارتباطها بالمستقبلات خلال العمليات المعرفية. أضف إلى ذلك أنه غير مستبعد نظرياً أنه يمكن استخدام IRM في المستقبل للحصول على صورة في غاية النقاء المكانى والزمنى للأحداث العصبونية مثل الحركات الأيونية.

واللحصول على خرائط مكانية - زمنية للنشاط العصبوني لا مناص من تزاوج كلا المنحيين. وهذا أقل بساطة مما قد يبدو: على مستوى الأدوات مثلاً، من غير المنظور الحصول على تسجيلات متزامنة IRM و MEG كما أن الحصول على تسجيلات EEG فى مغناطيس قوى صعبة التحقق.

من الضرورى إذن دراسة كل مفحوص فى كل من النوعين بشكل منفصل. بالإضافة إلى ذلك فإنه لى تكون النتائج قابلة للمقارنة فمن الأهمية بمكان أن تكون المهمتان منفذتين بطريقة متطابقة فى كلا المنحيين، مما يطرح أيضاً مشاكل تقنية. وأخيراً وأكثر أساسية، يوجد مواقف كثيرة حيث الأنشطة العصبونية يمكن أن تنتج أنشطة كهربائية وهومودينامية ليست متموضعة معاً: وقد ثبت بذلك أن بعض العمليات المعرفية مرتبطة بسينكرونيزية النشاط الكهربائى بين مناطق بعيدة عن بعضها بدون ارتفاع فى الطاقة فى هذه المناطق. وبالطريقة نفسها، يوجد مناطق قشرية حيث توجه نشاطها الكهربائى صعب كشفه، حتى وإن كان من الممكن ملاحظة استجابة هيوموديناميكية.

وبرغم هذه المحدوديات، فإن هذه الأدوات لملاحظة النشاط المخى سبق أن أتاحت تكوين مدونة مهمة للمعارف غيرت بعمق نظرتنا للمعمار الوظيفى الماكروسكوبى الذى تقوم عليه الوظائف المعرفية للإنسان. هذه الطرق أتاحت إمكانية الدراسة، خاصة لدى الإنسان المعافى، للأسس العصبونية للوظائف التى تكون نامية خاصة لدى الإنسان، مثل اللغة أو الحساب أو عملية التفكير، أو التى تتاح بصعوبة للتجريب على الحيوان مثل التصوير العقلى، مثلاً. وكل الأنشطة المعرفية أصبحت الآن موضوعاً للفحوصات بطرق التصوير العصبى، وأصبح من المستحيل منذ الآن عمل تأليف للنتائج العظمى التى تم الحصول عليها منذ ما يقل عن خمس سنوات من قبل التجمع الدولى لحوالى ٢٠٠٠ باحث. وعلى المستوى العام يمكننا أن نعتبر أن الجلب الأكبر لهذه الطرق أنها أظهرت أن الوظائف المعرفية قائمة ليس على واحدة فقط ولكن على شبكة موزعة من المساحات المخية

تمتلك ديناميكية زمنية. وكذلك فإن المناطق المخية أو شبكة المناطق قد تساهم فى عدة وظائف معرفية، ويمكننا القول إن هذه الطرق طورت الفكرة التى كانت سائدة عن العملية المعرفية من مفهوم قياس المكان نحو مفهوم الشبكات.

فى مجال اللغة، حيث كانت تأتى معارفنا الأساسية من دراسة المرضى المصابين بالحبسة، فإن الدراسة بالتصوير العصبى أوضحت مثلاً أن المنطقة المسماة منطقة بروكا (cf. supra) لم تكن منطقة المخارج وإنما هى منطقة مكونة من منطقتين وظيفيتين مختلفتين على الأقل، إحداهما مختصة بالاحتفاظ بالمعلومات فى الذاكرة قصيرة المدى والأخرى بتحضير إنتاج أصوات اللغة. ويوجد مثل آخر نمطى لما يمكن أن تتيحه لنا هذه الطرق، يتعلق بدور منطقة مخيه معينة وهى المسماة بالتلفيف المثثة gyrus angulaire، التى يُرجع إليها علم النفس العصبى دوراً فى اللغة. وأظهرت دراسات التصوير الوظيفى لدى الإنسان المعافى أن هذه المنطقة اللحائية ليست داخلية فى اللغة وأن الحبسة اللغوية المتولدة من الصدوع فى هذه المنطقة ناتجة على ما يبدو من صدوع فى الألياف البيضاء الموجودة تحتها. ومثال أخير مما تجلبه هذه الطرق لمجال اللغة هو السيادة النصف كروية. إن الدراسات النفس عصبية علمتنا أن الغالبية العظمى من الأشخاص مستخدمى اليد اليمنى لديهم السيادة للنصف الكروى الأيسر بالنسبة للغة. إلا أن الدراسات على المتطوعين الأصحاء بالـ TEP والـ IRMF بينت أنه يوجد تنوع كبير فى تمثيل اللغة بين الأفراد وأن العلاقة بين أفضلية اليد المستخدمة والسيادة النصف كروية اليسرى بالنسبة للغة أوهى مما كنا نظن. وخاصة، أن هناك عوامل أخرى مثل النوع مثلاً لها تأثير على تلك السيادة. وهذه الطرق وجدت بهذا تطبيقاتها الطبية الأولى، فمن ناحية، لدراسة ظواهر استرجاع اللغة بعد صدع مخى، ومن ناحية أخرى فى إطار جراحة الأعصاب الوظيفية لتحديد مناطق اللغة لدى شخص ما وإتاحة المحافظة عليها خلال التدخل الجراحى وكذلك للمساعدة فى تحديد البؤر الصرعية.

وفى مجال صناعة الصور العقلية وهى القدرة التى لدينا التى تتمثل بها عقلياً الأشياء والمشاهد والأنشطة على شكل صور، وذلك دون إدراكها بصرياً، فى هذا المجال لم يكن علم النفس العصبى قد قدم سوى معطيات قليلة. وقد قامت فرق كثيرة بدراسة هذا النشاط المعرفى الأعظم للمخ الإنسانى وذلك بالـTEP والـIRMF وأقامت بذلك أسس الدراسات العصبونية. وخاصة، أنه أصبح من الواضح أن مهمتين كإنتاج صورة عقلية لشيء مثلاً وتمثل وضع هذا الشيء فى الفراغ كانتا قائمتين على شبكات مناطق مختلفة ملتزمة بنفس الثنائية الملاحظة عندما ندرك صورة.

ومن اللافت للنظر أنه أصبح من الممكن ملاحظة عمل المخ بكيفية مستقلة، أى بدون أن يتلقى الشخص مدخلاً حسيّاً ما وبدون أن ينتج مخرجاً على شكل سلوك حركى، هذه الإمكانية يمكن استثمارها لدراسة ظواهر مخية كانت تعتبر حتى فترة قريبة غير قابلة للملاحظة العلمية مثل الأحلام والوعى والاستبطان.



## المراجع:

- *La Recherche*, n° spécial 289, « Voir dans le cerveau », juillet/août 1996.
- POSNER (M.) et RAICHLE (M.), *Images of the Mind*, New York, Scientific American Library, 1994.

## تطور حالات النوم<sup>(٥)</sup>

بقلم: ميشيل جوفيه

Michel JOUVET

ترجمة: راوية صادق

سأتحدث عن ظاهرة نحن جميعًا خبراء فيها: النوم. استشرت محرك بحث على الإنترنت: عثرت على ٤٦ ألف مرجع عن النوم. واضح أن ظاهرة يتناولها ستة وأربعون ألف مرجع هي ظاهرة غير معروفة جيدًا، ويمكنها إثارة افتراضات متناقضة.

رغم هذا، إذا حاولنا صياغة إجماع حول النوم، سنجمع على الإثباتات الأربعة التالية:

- يميل الإنسان إلى النوم ليلاً بدلاً من النهار.
- عندما ننام، لا نعي بما يحدث حولنا؛ وأفضل دليل على ذلك أن من يشخر لا يعرف ذلك أبدًا.
- ثمة تكيف من النوم إلى اليقظة: كلما كان وقت السهر طويلاً، كلما كان النوم طويلاً وعميقاً، خلال الليلة التالية.
- حتى لو كنا غير واعين بما يحدث حولنا خلال النوم، هناك وعي حلمي داخلي، ينطلق على نحو دوري خلال النوم، اختبره ٨٠ % منا. هذا الوعي الحلمى هو الأحلام.

---

(٥) نص المحاضرة رقم ٣٥ التى ألقى فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٤ فبراير ٢٠٠٠.

ها هي أربع ظواهر تنتظم خلال ليلة نوم بدأت، بالنسبة للأولى، منذ ٣ مليارات عام. والواقع أنه خلال نومنا، نراجع باختصار مكاسب مهمة جدا وقديمة للغاية. هذه المراجعة الموجزة تنتظم، بطريقة معقدة، وترتبط بالوسط وبالمقطع الجيني، إلى حد أنه لا يمكننا الحديث عن نوم "واحد" إلا لشخص "واحد".

### لماذا ينام الإنسان ليلاً؟

يمكننا الاعتقاد أن السبب يعود إلى أنه أرخص، فنحن إذا نمنا لا نحتاج لا للإضاءة ولا للتدفئة خلال الليل. ظل هذا التفسير مقبولا لفترة طويلة. لكنه خاطئ. لا تعود واقعة نوم الإنسان ليلاً إلى دورة الشمس/الظلام.

كيف نعرف أن الإنسان ينام وفقاً لتعاقب الضوء/الظلام؟ أجريت تجارب لمعرفة ذلك. نضع شخصاً في غرفة تحت الأرض مغلقة تماماً، بدون أي اتصال مع الشمس، بدون ساعة، ونسمح له بإضاءة النور الكهربائي وإطفائه عندما يشاء، أو نضعه بكل بساطة في كهف (تجربة رائد الكهف لميشيل سيفر Michel Siffre). نراقب اللحظات التي ينام فيها واللحظات التي يستيقظ فيها. في ظل هذه الشروط الخاصة بالإيقاع الحر، أو بعدم التزامن الكامل، أو أيضاً بما هو خارج الزمن، لم تعد الشمس تستطيع أن تلعب دورها كـ "مانحة للزمن" أو *zeitgeber* (*zeitgeber* تعني، بالألمانية "من يمنح الزمن"). إذن، خارج كل "مانحة للزمن"، ينام المرء كل يوم في وقت أكثر تأخراً بعض الشيء، إلى حد أنه بعد عشرة أيام يفقد يوماً. بالنسبة للناس الموجودة خارج الكهف، ظل الشخص ٢٠ يوماً فيه؛ بالنسبة له، لم يمكث فيه سوى ١٩ يوماً. كيف نفسر ذلك؟

التفسير الأول: لا تلعب دورة الشمس/الظلام أي دور في المحافظة على هذا الإيقاع. العنصر الثاني في التفسير: الإيقاع ليس ٢٤ ساعة بالضبط، هو أكثر من ٢٤ ساعة بقليل، ويختلف وفقاً للأفراد. لكننا نقبل حالياً أن تكون مرحلة الكمون لشخص نضعه في مغارة أو في غرفة تحت الأرض هي ٢٤,٣ ساعة، وهو ليس يوماً بالضبط. يقال باللغة اللاتينية "يوم تقريباً": (*circa diem*). الصفة "تقريباً"

("circadien") ظهرت فى واقع الأمر حديثاً فى الأدب، فى الستينيات، بقلم هالبرج Halberg. كيف نفسر هذا الـ "تقريباً"؟.

السبب هو ما يلى: نمتلك "ساعة" فى رأسنا. هذه الفكرة الخاصة بامتلاك "ساعة" فى رأسنا ولدت فى القرن الثامن عشر، فى فكر عالم الفلك فرنسوا أورتوس دى ماريان François Ortous de Marian. هذا العاشق للنباتات كان يملك فى منزله نبات الـ "المستحية" Mimosa pudica . ولأوراق الـ "المستحية" خاصية الانتصاب نهاراً والانطواء ليلاً، بطريقة ملحوظة للغاية. ذات يوم راودت عالم الفلك فكرة حبس زرعته الـ "المستحية" فى خزانة مظلمة: وعندما فتحها فى الظهيرة، لاحظ أن الـ "المستحية" كانت تعرف أن الشمس موجودة فى هذه الساعة مادامت أوراقها كانت متفتحة؛ فتح الخزانة من جديد فى منتصف الليل، فلاحظ أن الأوراق كانت مغلقة. لقد وصف هذه التجربة فى ملحوظة فى صفحة ظهرت فى "كشف حساب أكاديمية العلوم"، عام ١٧٢٠، خلص فيها أنه: "توجد ساعة داخل الـ "المستحية". لكن لم يصدقه أحد. كان ينبغي الانتظار ١٠٠ عام، فى ١٨٢٠، كى يسجل أحد أفضل علماء النبات دى كاندول de Candolle، حركات أوراق الـ "ميموزا" فى الليل والنهار، ثم فى الظلام الدامس، ويلاحظ نفس الحركات للأوراق. التفسير الوحيد، مثلما خلص هو أيضاً، هو وجود نوع من الساعة فى النبات. هذه الساعة، التى تسمح لنا بالذهاب للنوم ليلاً، حتى بدون معرفة الساعة، هى التى تلعب دوراً جوهرياً.

أين تقع هذه الساعة فى دماغنا؟ ولماذا لدينا ساعة؟ هذه الساعة موجودة بالفعل فى كل الكائنات الحية، من وحيدة الخلية إلى الإنسان؛ إنها بلا شك أحد أكبر "اختراعات" النشوء، إذ أنها مسئولة عما نسميه "الانضباط الذاتى التكهني" prédictive homéostasie . أين تقع الساعة؟ لوحظ خلال العمل على النباتات والحيوانات أنه، عندما يكون لها إيقاع يتراوح بين ٢٣ أو ٢٤,٣ ساعة، يكفى أن نسلط عليها وميضاً سريعاً كى تعود ساعتها إلى ٢٤ ساعة. وبعبارة أخرى، إن

دور "أداة التوقيت الفاصلة" zeitgeber الشمسية، دور الضوء، مهم للغاية لتعود الساعة التي في رأسنا إلى إيقاع الـ ٢٤ ساعة. الساعة في علاقة إذن مع الضوء، ولاسيما مع الضوء الأزرق لدى الإنسان. توجد الساعة في عيني الذبابة. وهي تقع، لدى الطيور، في "الغدة الصنوبرية" glande pinéale أو كردوس العظم épiphyse، الموجود بالضبط تحت الجمجمة، الذي يسمح بمرور كمية كافية من الفوتون photon كي تأتي الشمس وتؤثر على الساعة. والقط، من ناحيته، له ساعة تعمل على نحو سييء للغاية، ويكاد لا يملك إيقاعًا منتظمًا، فينام بنفس القدر ليلاً ونهارًا.

لم تكتشف الساعة لدى الإنسان إلا في السبعينيات. فعند مشاهدة بعض العروض الخاصة بشبكية العين لوحظ وجود نظامين في الدماغ: "نظام بصرى"، يمر عبر شبكية العين، ويذهب إلى الدماغ، وينتهي على مستوى الكورتكس الحوفي limbique: إنه النظام المسمى "البصرى"، الذي يجعلنى أرى أنك هنا. لكن عندئذ تم اكتشاف النظام الفوتى: تُعرض بعض الخلايا العقدية لشبكية العين على مستوى النواة فوق التصالبية (التي هي الساعة لدى الإنسان والثدييات). وانطلاقاً من هذه النواة، سينبئ نظام بكامله الدماغ أن الوقت نهار. نحن لا نعى أن الوقت نهار بفضل نظامنا البصرى، وإنما لأن دماغنا هي التي تعرف ذلك. لو أن هناك فأر أعمى تماماً، لكن لديه بعض الخلايا الصغيرة تحت الجلد، فذلك يشكل نظاماً كافياً لتنشيط نواته فوق التصالبية. يمكننا إذن أن نكون كفيفين تماماً ويملك دماغنا القدرة على معرفة أن الوقت نهار. يتساءل البعض عما إذا كانت بعض أمراض الطب-عقلية ناجمة من النقيض: يمكننا التمتع برؤية ثابتة، مع وجود خلل فى نظامنا الخاص بالرفق الضوئى "الفوتى"، فلا تنضبط الساعة جيداً فى الصباح. وعلى هذا النحو، فى لحظات معينة، بينما ستكون الساعة الثالثة من بعد الظهر، ستقول الساعة للجهاز العضوى إنها الثالثة صباحاً. لهذا، لمعالجة بعض الأمراض الاكتئابية، نجعل المرضى يشاهدون فى الصباح أنابيب من الفلوريسنت، لإثارة نظامهم الفوتى. وخارج النظام الفوتى photique، ترتبط "الغدة الصنوبرية" أو

(كردوس العظم) بعدة نويات فوق التصالبية supra-chiasmatic. فى الظلام، تفرز هرمونا، الميلاتونين، الذى يحبذ الميل للنعاس. لنتذكر، كخلاصة، أن الساعة التقريبية تنظم نومنا فى الزمن، لكنها ليست مسئولة عن النوم. الدليل بينته التجربة التالية: يوضع فأر فى ظلام دائم، "تقول" له نواته فوق التصالبية أن يظل مستيقظاً أو ينام كل ٢٤ ساعة. بعدئذ، إذا دمرنا ساعة النواة فوق التصالبية (بالتخثير بأقطاب كهربائية)، يُدمر الإيقاع التقريبى، مادام ليس لدينا ساعة، وسينام الفأر وفقاً لإيقاع أسرع من الإيقاع التقريبى، أى وفقاً لإيقاع تسارعى (أى كل ثلاث ساعات). لم يصف تفسير هذا الإيقاع التسارعى إلى فسيولوجيا النوم كثيراً. فالنوم سر خفى لا يزال هناك الكثير لاكتشافه فيه.

الآن مع معرفتنا أين هى الساعة وأنها ليست مركز النوم، وأنها تستخدم فى تجهيز فترات نوم، لنطرح على أنفسنا السؤال التالى: لماذا نمتلك ساعة؟ ما فائدة ذلك؟ اسمحوا لى بالاستعارة التالية: مع بدء العالم، فى المحيط البدائى، لم يكن هناك سوى الطحالب الزرقاء. وهى تتجمع فى أعماق المحيط وتصلد إلى سطح البحر لامتصاص الـ "فوتون" أى ضوء الشمس، فتقلت سلسلة من ردود الفعل الكيميائية التى تنتج السكريات. لنفترض أن بعضها، "غير شديد الذكاء"، فيعرض للخطر التخليقات البروتينية عندما تكون الشمس فى أوجها، خلال خمس أو ست ساعات لصناعة السكر من الشمس: عندما يصبح كل شىء معداً كى تصنع السكريات، ستكون الشمس للأسف قد غربت، ويصبح الأمر إذن فشلاً مثيراً للرناء. وبعد محاولات متعددة وأخطاء من هذا النوع، بدأت الطحالب الزرقاء أخيراً فى صناعة كل آليات التخليق الخاصة بالبروتينات "قبل السادسة صباحاً" (فتأخذ على هذا النحو فى الاعتبار المظهر التكهنى للغاية لمنحنى الأرض حول الشمس)، حتى تكون كل الأشياء معدة عندما تكون الشمس فى أوجها، وكى يعمل كل شىء. مُنح هذا الاختراع اسم الانضباط الذاتى التكهنى. بدون هذا النظام، ستكون الحياة مستحيلة. فكل نظام حى يدخل فى رد فعل مع الأوساط الخارجية،

ويتم إنتاج ردود فعل كيميائية سريعة إلى هذا الحد أو ذاك، وإذا لم تُعد بواسطة تخليق البروتينات الذي ينبغي أن يحدث من قبل، لا يستطيع النظام العمل، لاسيما ذلك الذي يعتمد على النهار والليل.

يحدث "الانضباط الذاتي التكهني" أيضا لدى الإنسان: في الصباح، ينبغي لنظامنا الخاص بالقشرة الحوفية، وعضلاتنا، أن تكون في حالة مثالية. لكن هذا لا يحدث بشكل تلقائي في الصباح: ينبغي استخدامه في الليل. تحت تأثير ساعتنا التقريبية، في حوالي الساعة ٢ صباحًا، يبدأ ما تحت المهاد في تحرير بعض الـ **CRF** الذي سيعمل على الـ **ACTH**، الذي سيعمل على القشرة الحوفية، التي سترفع معدل الكورتيزون خلال الصباح. إذا لم تحدث هذه الظواهر خلال الليل، سيكون لدينا معدل كورتيزون ضعيف للغاية في الصباح. وهكذا، خلال أكثر فترات النوم عمقًا، بين الساعة ٢-٣ صباحًا، يتم تشغيل الآلية الحقيقية التي نحتاج إليها عندما نستيقظ.

لنترك الآن الطحالب الزرقاء كي نصلد شجرة النشوء إلى "حمامات الحمة الخارجية" *Ectothermes*، أي العظايات، الضفادع، وبعض الزواحف. ما النوم بالنسبة لهذه الحيوانات؟ الحق يقال إن علماء الفسيولوجيا لا يجرؤون على الحديث عن "النوم" لدى الضفدع، لدى العظاية؛ فهم يتحدثون بالأحرى عن الـ "راحة"، من "دورة نشاط/راحة". والحرارة المحيطة هي العامل الرئيسي الذي سيتعهد بالراحة والنشاط. فارتفاع الحرارة تجعل الحيوان نشطًا، وعندما تهبط، تجعله كسولًا. يمكننا تمامًا البحث عن أفعى في غابة سان-كلو في منتصف الليل: فهي لن تعض، لأن الجو بارد.

ينتج كل هذا من تطبيق مبدأ الـ **Q10**. لنقر أن التردد القلبي للحيوان في  $37^{\circ}\text{C}$  يكون ١٠٠؛ في  $27^{\circ}\text{C}$  ستكون ٥٠، والـ **Q10** ستكون خارج قسمة  $37/27$ : ستكون 2. لدى كل الحيوانات، كل الظواهر الحيوية أيًا ما كانت لها **Q10** متضمن بين 2 و 3. يكفي انخفاض في الحرارة إلى  $5^{\circ}\text{C}$  كي لا تستطيع هذه

الحيوانات، التي تعتمد على الحرارة الخارجية، الاستيقاظ وتظل في المخبأ. إن الانضباط الذاتي " التكهني يلعب دائماً لعبة: "تقول" الساعة التقريبية للعظايا: "اذهب فوراً إلى الظل، وإلا لن تستطيع العودة فيما بعد، فالجو سيكون شديد البرودة". نحن والطيور والثدييات الأخرى، حيوانات "ثابتة الحرارة". نحن نملك كمية كافية من هنيات خيطية mitochondries كي تسمح لنا حرارتنا الحيوانية بالتجول عندما يكون الجو بارداً. تنوع الحرارة الخارجية ليس كافياً إذن لتفسير إيقاع اليقظة/النوم.

### ينبغي الآن محاولة شرح لماذا نحن واعون خلال النوم

لماذا لا يعرف المرء أنه يشخر؟ ماذا يحدث في نوم الطيور والثدييات التي هي نحن، كي نفقد الوعي خلال النوم؟

الأمر سهل على الفهم بالنسبة للضفدع: إذا كانت في حرارة منخفضة، لا يسير نظامه العصبي على نحو جيد. لكن الحرارة تظل ثابتة لدى الثدييات، لدى الإنسان. إذن ينبغي البحث عن تفسير آخر. ما الذي اكتسبته الثدييات والطيور كشيء إضافي بالنسبة للزواحف والعظايا؟ لقد اكتسبت المعطف القشري - الكورتكس الدماغي cortex cérébral الذي نفكر من خلاله -، ونظام هو المهاد البصري، ثمّة نوع من "الآلة الآلية" التي تجعلنا غير واعين عندما ننام.

ما الذي يحدث عندما نستيقظ؟ يستثار هذا الكورتكس الدماغي من خلال شبكة من الخلايا العصبية (مثل شبكة الـ "Web"). تستفز هذه الاستثارة نشاطاً كهربائياً سريعاً وضرورياً للوعي.

كيف ننعس؟ بشكل طبيعي: عندما تبعث الساعة - النواة فوق التصالبية- بإشارة "إنها الساعة العاشرة ليلاً"، سننثائب، ونشعر بالنعاس. ستبدأ آليات معقدة في خفض حرارتنا المركزية، فتتهبط قبل أن ننام. عندئذ يصدر من جديد أمراً إلى نظام يقع تحت المهاد البصري - نظام النوم- ليبدأ العمل. سيأتي هذا النظام ليحتجز



نظام اليقظة، مع خلية عصبية محوطة هي المرسل GABA. ولأن نظم اليقظة تحتجز هذه الآلة الأوتوماتيكية التي تقع في قلب المهاد البصرى، يرسل المهاد البصرى عندئذ هذا النشاط نحو الكورتكس حيث "يشوش" عمليات الوعى. سمي هذا النشاط الكهربائى "مغازل"، أو، spindle لأن الأمريكيين هم من اكتشفوه.

هاهى المكتسبات الكبرى لثبات الحرارة: ليس هبوط الحرارة المركزى، الذى هو طفيف للغاية، هو الذى يجعلهم عاجزين عن رد الفعل إزاء الضوضاء، وجاهلين بشخيرهم. فنظام النوم يحتجز معلومات اليقظة، وعندما يحتجز معلومات اليقظة، يحرر نظام المهاد البصرى الخاص بالقشرة المسئول عن الـ "مغازل". وظهور هذه "المغازل" على مستوى الكورتكس هو علامة النوم وفقدان الوعى. يتبع "المغازل" بعدئذ ظهور الموجات البطيئة، التى هى علامة نوم عميق للغاية.

هناك تكيف من النوم إلى اليقظة

كلما كان وقت السهر طويلا،

كلما، خلال الليلة التالية، يكون النوم طويلا وعميقا

هذا يعود إلى انضباط ذاتى آخر يسمى "مجدد للنشاط". كلما كنا مستيقظين، كلما ستدوم فترة راحتنا. وبالإضافة إلى ذلك، إذا ما حرمانا فأرّا من النوم لمدة ٢٤ ساعة، نرى أن موجات النوم البطيئة أكبر بكثير، أى لا يوجد عامل "ديمومة" فحسب، وإنما عامل "شدة" أيضا. هذا الضبط لديمومة النوم مع ديمومة اليقظة، هو ما نسميه "انضباط ذاتى مجدّد للنشاط". خلال اليقظة، هناك شىء يتراكم فى الدماغ، "عوامل جينية متفرعة" facteurs hypnogènes لازالت مجهولة، تجعل الناس أسهل والنوم أعمق.

حتى لو كنا غير واعين بما يدور حولنا خلال النوم، فتمة على الأقل

وجود لوعى آلى "داخلى"، ينطلق دوريا خلال النوم،

واختبره ٨٠% منا.

هذا الوعى الحلمى هو الأحلام

تظهر الأحلام لدى الإنسان لاسيما خلال النوم المفارق، فى دورات تمتد لمدة ٢٠ دقيقة كل ٩٠ دقيقة خلال النوم. نعلم أن النوم المفارق لا وجود له بين الحيوانات التى لا تضبط درجة حرارتها. إنه أحد مكتسبات التطور الخاصة بتكوّن الأنسال وتطورها الوراثى الذى حدث منذ ٦٥ مليون عام، لأسباب نجهلها، بواسطة الطيور والثدييات. والنوم المفارق مهم جدا بعد الميلاد. ولا زالت علاقته مع "النوم الاهتزازى"، الموجود لدى الجنين (قبل الميلاد) محل جدال دائما.

ينطلق النوم التقليدى (بالمغزل وموجات بطيئة) من المهاد تحت البصرى L'hypothalamus، فالنوم المفارق يعتمد على الجسر والبصلة. وهو يقود نظاما يحتجز العضلات. عندما نحلم أننا نجرى، نرسل معلومات قاطرة إلى نخاعنا الشوكى، لكننا لا نتحرك، لأن هناك نظاما يأتى لحجز حركاتنا. وينشط نظام آخر الكورتيكس الدماغى، لاسيما النظام الحوفى المسئول عن الانفعالات، عن الذاكرة وعن برمجة التفردية. ها نحن، خلال ساعة قد استرجعنا كل تطور النوم ورسمنّا تخطيطاً نموذجياً له.

حدث كل شىء بالفعل وفقاً لهذا التخطيط النموذجى قبل أن يخترع إديسون Edison المصباح المتوهج عام ١٨٧٩! منذ ذلك الحين، حدث تداخل للإيقاع التقريبى و"الانضباط الذاتى" الارتكاسى. فالرغبة فى تشغيل الناس ليلاً، فى اللحظة التى تكون فيها درجات حرارتهم أكثر انخفاضاً - ولا يكونون مهيين من جانب "الانضباط الذاتى" التكهنى ليكونوا فى كامل لياقتهم، تسبب الحوادث. لدينا الدليل على أن العوامل الإنسانية المسؤولة عن تشيرنوبل وانفجار المكوك شالينجير تعود إلى مشاكل تخص عدم الانتباه من جانب المسئولين الذين سهرّوا لفترة طويلة.

نخلص إلى ضرورة "تعويض" ليلة نوم ضائعة. فإذا لم يحدث هذا، يتراكم نقص النوم، وتزدهر مخاطر الحوادث فى الأفق.

نختم بذكر حالتى تقدم صنعها طب النوم، فى علاج بعض الاضطرابات:

- بعضنا لا يخلد للنوم قبل الساعة ٢ أو ٣ صباحاً، ولا يستيقظ إلا الساعة ١٠ أو

١١ صباحًا: إنه ما نسميه "تأخير مرحلة"، الساعة تتأخر بالنسبة للشمس. يمكن شفاء ٨٠ % من المرضى بـ ٢ أو ٣ مجم من الميلاتونين يتم تناوله قبل ساعة الذهاب للنوم الطبيعية: العاشرة.

- المرض الآخر الذى تحقق فيه تقدمًا كبيرًا يتعلق بعلم مرض الحلم. فخلال الحلم تُحتجز الحَظَرَبَة tonus العضلية (حالة توتر العضلات). ويوجد مرض يخلط الرغبة التى لا تقهر فى النوم مع احتجاز الحَظَرَبَة فى آن، الـ "كاتابليكسى" Cataplexie (مرض النوم). يؤدى الـ "كاتابليكسى" إلى السقوط ويمكن أن يسببه انفعال، ضحكة: ويكون كاملاً أو غير كامل (نكتفى بإفلات شىء، أو عضلات فكنا). عند حدوث هذه الأعراض، نكون مصابين بـ "مرض جيلينو" Gélineau أو الخُدار narcolepsie، وينبغى استشارة الطبيب فوراً، إذ يمكن الشفاء بعقار جديد، الـ "مودافينيل" Modafinil.

## مخ الوجدانيات والانفعاليات<sup>(٦)</sup>

بقلم: بيير كارلي

Pierre KARLI

ترجمة: ماجدة الريدى

يكفى أن نذكر أبطال المؤلف المسرحى اليونانى سوفوكليس Sophocle أو أبطال راسين Racine وشيكسبير Shakespeare أو حتى مجرد التفكير فيما ينعش حياتنا نفسها لكى نتأكد أن المشاعر والانفعالات تكون فى الواقع جزءًا لا ينفصل من البناء العام والأساسى للحقيقة الإنسانية، كعناصر مكونة ذات معنى ودافعة. وبدقة أكثر، تساهم المساق Processus الوجدانية بدرجة كبيرة فى دور الوسيط المنوط به المخ فى الحوار المركب الذى يقوده الوجود الإنسانى والذى يتجلى فى جسم ويسجل فى سياق وهو فى آن واحد انعكاس ومحرك لتاريخ فردى.

يصعب إدراك الحياة الإنسانية بطريقة شاملة، ذلك أنها تمر بمستويات مختلفة من الواقع وهذه المستويات لا تترك بعضها يتحول إلى البعض الآخر. وبالفعل، الوجود الإنسانى فى آن واحد فرد بيولوجى وفاعل اجتماعى وشخص يبحث عن معنى وحرية داخلية. وهذه الأوجه الثلاثة تظهر للعيان، كل فى بيئة مختلفة؛ تتكون كل منها فى - وب - مجموعة تفاعلات متكيفة ومكيفة فى آن واحد مع بيئة خاصة: البيئة المادية والوسط الاجتماعى والعالم الداخلى الخاص. يقود الوجود الإنسانى بهذا حوار ثلاثى مع البيئات التى يقوم ببنائها وامتلاكها. وفى هذا الحوار حيث الوساطة مكفولة من قبل المخ الواحد ذاته، صيغت ثلاثة

---

(٦) نص المحاضرة رقم ٣٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٥ فبراير ٢٠٠٠.

هويات متميزة ومعتمدة على بعضها البعض في آن واحد: هوية بيولوجية وهوية نفسية اجتماعية وهوية شخصية، أكثر عمقاً.

هذا التقسيم الثلاثي وجيه لعدة اعتبارات، ذلك أن الحوارات الثلاثة ترمى لأهداف مختلفة، وتحكمها معايير ليست من ذات المصدر وتواجه ضغوطاً ليست من طبيعة واحدة ويتطلب إذن كل منها إمكانيات وخبرات وأداءات خاصة. وهى تحافظ على علاقات مختلفة مع الزمن ومع إنتاج الحواس. وفى قلب المخ تتطابق - بشكل تخطيطي- مع مستويات من التكامل والتنظيم المستقل الذى يعالج بطريقة متميزة، معلومات خاصة بها. توجد بالطبع تفاعلات مركبة بين الحوارات الثلاثة هذه وبين العمليات العقلية التى تربطها. التوحيد والوضوح مكفولان بمساقات وجدانية خاصة، ذلك أن هذه المساقات الوجدانية تتداخل فى وساطة كل من هذه الحوارات كعناصر للمعنى وللدافعية؛ والأجهزة العصبونية التى تكون كيائها المادى، متوزعة عبر الطبقات الوظيفية للوحدة الدينامية التى يكونها المخ.

وإذا كان لها صفة أساسية مشتركة، سوف نعود إليها فيما بعد، فإن العمليات الوجدانية تتميز على أساس شدتها واستمرارها. قد يكون الأمر عبارة عن إشارة بسيطة تأتى للاندماج، بطريقة انتقالية وعلى شكل خاصية ذات رتبة وجدانية، تندمج مع إحساس استقبالي خارجي أو استقبالي داخلي يتيح لها بذلك معنى وجداني. يمكن أيضاً أن يكون الأمر حثاً لحالة وجدانية أكثر دواماً سوف تلوّن بطريقة شاملة إدراك العالم الخارجي وكذلك العالم الداخلي. وكدالة للمعنى التلقائي، أو المكتسب، يكتسى به الشيء أو الحدث بالنسبة للشخص، الذى يمكن حتى أن يعبئ الكيان كله فى زلزال انفعالي يتبدل من خلال سلوك وعن طريق تغيرات وعائية - حركية وغدية مناسبة لهذا الانفعال.

وأياً ما كان الأصل والشكل، فإن كل هذه العمليات تصاحب تجربة ذاتية معروفة على أنها «سارة وممتعة ومكافئة» أو على العكس «مكدرة ومزعجة

ومحبطة». هذه الصفة الخاصة للخبرة المعاشة (سواء أكانت محدثة من الخارج أو مستدعاة أو متخيلة) تحدد أحد الاتجاهين الأساسيين في مواجهة أى شىء أو أى حدث: اتجاه الاشتهااء والاقتراب (الذهاب نحو...) أو على العكس اتجاه نفور وانسحاب (التفادى والهرب...). فى كل الحالات، تكون وظيفة المساق الوجدانى هى أن تشير، وتعنى شيئاً ما وتوجه الاهتمام والحركة، وتعظم بهذا الفرص التى لدى الفرد بأن يندمج فى التفاعلات التى تكون مكيفة ومتكيفة فى اتجاه إشباع حاجاته و/ أو تحقيق رغباته.

### إشباع الحاجات البيولوجية

إنه أمر حيوى للفرد البيولوجى، أن يكون قادراً على المحافظة على تكامله الفيزيقي وبناءاته الداخلية والمحافظة على ثبات توازنه الداخلى الضرورى لأدائه الأقصى للمجتمع الخلوى الذى يكونه. إن تبادلات المادة والطاقة والمعلومات مع محيط الحياة مكفولة بأنواع من السلوك مدركة فى اللحظة الراهنة حتى يمكن الاستجابة للمعنى البيولوجى الأولى للمنبه أو للموقف (سواء أكان الأمر إقبال أو على العكس هروب). فى هذا المستوى من الواقع، «المعنى» ليس بعد سوى تعبير - فى تخطيطات الفعل لدى الفرد البيولوجى - عن «برنامج» مشترك بين كل أفراد النوع. فى الأحوال العادية، يؤدى الفرد البيولوجى بشكل متوازن وواضح ومؤثر، بفضل «الحكمة (الفطرية) للكائن» (Cannon 1932)، وحسب «قوانين الطبيعة» وهى قوانين عامة. الأمر يتعلق بقوانين وصفية توضح تنظيم بيولوجى مشترك بيننا جميعاً. وفى داخل المخ، نجد أنواع السلوك التى تضمن إشباع الحاجات البيولوجية الأساسية للفرد، هذه الأنواع تحرك أساساً مستوى وظيفة المخ - والنصفين الكرويين.

وفى نفس المستوى التشرىحي - الوظيفى من ناحية التطور النوعى الأكثر قدماً لمخ الثدييات، يلعب نظامان عصبونيان الدور الأساسى فى نشوء ملحقات

النظام الوجداني التي تأتي لتتكامل مع المعطيات الموضوعية للإعلام الحسى. الجهاز الجانبي الذي يمتد من المنطقة البطينية لنصف المخ (الجزء العالى من جرع المخ)، عبر المنطقة المهيذية الجانبية، نحو مجموعة بناءات للمخ الأمامى (خاصة: الحاجز septum واللوزة amygdale واللحاء قبل الجبهى cortex prefrontal)، يمكن أن يعتبر - من وجهة نظر وظيفية - كجهاز اشتهاى ومكافأة وتدعيم إيجابى. وتنشيط هذا الجهاز بتطبيق تنبيه كهربائى، ينتج آثاراً «اشتهائية» يبحث عنها الحيوان وتدعم إيجابياً كل سلوك يؤدي إلى إيجادها. نلاحظ بالفعل أننا إذا زرعنا إلكترود فى المنطقة المهيذية الجانبية وأعطينا للحيوان إمكانية أن يثير نفسه بنفسه (أن يضغط على رافعة مثلاً، أو يدخل فكه فى ثقب معد فى جانب من جوانب القفص)، فإنه يمارس «استثارة ذاتية» إلى حد اللهاث. إذا أضفنا إلى هذا التنبيه تقديم مذاق مجهول بالنسبة للفأر فسوف ينمو نحو هذا المذاق تفضيل واضح.

لدى القروء الماكاك، فإن الاستثارة عن بعد لنظام المكافأة تقلل من استجابات الخوف التي يثيرها الثعبان، وتزيد بشكل واضح من درجة السيطرة التي يعبر عنها تجاه حيوان من نفس الفصيلة. ويمكننا أن ننمى عدواناً واضحاً لدى فأر لا يظهر العدوان عادة بشكل تلقائى أبداً، بأن «نكافئ» أى مظهر من مظاهر العدوانية تجاه حيوان من نفس النوع، وذلك بأن نربط بشكل منتظم مثيراً كهربائياً من نظام الاشتهاى ما أن يهم بالسلوك العدوانى. حينما نسبب ألماً مزمناً لدى الفأر نتحقق من أن - بالمقارنة بالفترة «الشاهد» - الحيوان يزيد بشكل تلقائى من عدد مرات الضغط على الرافعة الخاصة بالإثارة الذاتية ومدته الكاملة؛ يمكننا أن نظن أن شعور «الراحة» التي أحدثتها الاستثارة الذاتية يقلل من الطبيعة «النفورية» للألم المزمن. وتظهر معطيات كثيرة بوضوح أن استخداماً - بطريقة طبيعية أو تجريبية - لهذا الجهاز العصبونى يغير من الطريقة التي يدرك بها الشخص المنبه أو الموقف، ومن هنا الاتجاه الذي يتخذه هذا الشخص نحو المنبه (من ناحية الاشتهاى والاقتراب). أثبتت البحوث العصبية الكيميائية أن الدوبامين والمورفينات الداخلية تقوم بدور مهم فى الموصلات العصبية داخل نظام الاشتهاى والمكافأة. والحيوان

يعطى لنفسه مادة مورفينية على مستوى المناطق المختلفة لهذا النظام. إذا استطاع أن يختار بين موضعين للحقن فهو يفضل أن يحقن نفسه بالمورفين فى المنطقة البطينية من النصف المخى على أن يحقن نفسه فى منطقة اللوزة مما يبدو أنه يشير إلى أن الحالات الوجدانية المستثارة كذلك تكون كمياً أو كيفياً مختلفة، بالإضافة إلى أن التناول الفرما كولوجى لهذا الجهاز يسمح بتحقيق فصل تجريبي بين التقدير المباشر للطبيعة «السارة» للمنبه والاشتهاء الذى يدفع الشخص نحو ما يشبع حاجة لديه.

وفى موقف أكثر توسطاً، فإن الجهاز قبل البطينى (الذى يتضمن المنطقة الظهرية للمادة الرمادية periaqueducule والمهيد hypothalamus الأوسط) يقوم بدور جهاز عصبونى للنفور والعقاب والتدعيم السلبى. إذا ما قمنا بتنشيطه بمنبه كهربائى أو بحقن ميكروسكوبى موضعى بحامض أمينى مثير، ينتج - لدى الحيوان - حالة وجدانية ذات طبيعة نفورية تترجم بسلوك الهرب أو الدفاع. هناك بالطبع إنتاج لخبرة غير سارة تماماً، لأن الحيوان يتعلم بسرعة كل سلوك يتيح له أن يقطع باستمرار المنبه الكهربائى الذى نطبقه عليه. أكثر من ذلك، يمكننا أن ندعم أو على العكس نقلل سلوك القطع الذاتى للاستمرار بربط التنبيه الكهربائى بوضع مادة لها أثر مثير للقلق أو على العكس لها أثر معالج للقلق. وإذا أضفنا - فى حالة مزج المنبهين - آثار النفور المثارة والمعبر عنها سلوكياً بطريقة يمكن رصدها كمياً فإن الإشارات المتكونة بهذه الطريقة تكون غير متميزة كيفياً؛ على العكس من ذلك فإن الفأر يتعلم بسرعة التمييز بين كلا المنبهين، ذلك أنه يوقف استمرار المنبه باستخدام الرافعة المناسبة. وتظهر معطيات تجريبية كثيرة أن الحالة الوجدانية المحثة بتنشيط الجهاز العصبونى للنفور تغير بعمق من اتجاه الحيوان نحو معالجة المعلومات الآتية من المحيط والمتجهة إليه. لدى الإنسان، الاستثارة الكهربائية للمادة الرمادية periaqueducule تحث أيضاً حالات وجدانية ذات طبيعة منفرة، خاصة مشاعر الخوف.



مستوى النشاط ومستوى تجديد النشاط بالنسبة للجهاز ما قبل البطيني للنفور محكومان بورودات تعمل بتحرر موصلات عصبية مختلفة (جابا والمورفين الداخلى والسيروتونين). إذا أوقفنا تجريبياً عمل تأثير المعدل جابا، فإننا نثير استجابات الهرب واتجاه عام نحو الانسحاب. وإذا أشرطنا هذا التوقيف مع وجود الحيوان فى منطقة معينة من الفراغ، فإن الحيوان سوف يتفادى بسرعة الدخول فى تلك المنطقة، وبشكل عام يمكننا أن نغير عمداً معالجة المعلومات الحسية واتجاه الحيوان نحوها (من ناحية الاشتهااء والاقتراب أو العكس النفور والانسحاب) بتناول الناقلات العصبية المعدلة وبالتالي تناول طبيعة وشدة الملحقات والحالات الوجدانية التى تكونها.

مادام إدخال هذه الشبكات العصبونية يقوم بدور مهم هكذا فى حث اتجاهات الاشتهااء والنفور وفى تكون السلوك الذى يعبر عنها، فمن المهم التأكيد على أن هذه التحديدات ليست ذات اتجاه واحد وإنما هى دائرية. وفى الواقع فإن التفاسعات مع المحيط تؤثر فى الرجوع على أداء هذه الشبكات، وذلك يتضح ببعض الأمثلة. وعلى هذا فإن التعرض لمواقف ضاغطة مختلفة له أثر التقليل لدى الفأر من الحساسية لمستقبلات الدوبامين داخل نواة المتكأ *accumbens* التى هى مرحل مهم لنظام المكافأة؛ وهذا التغيير ذو الطبيعة العصبية الكيميائية يصاحب بتخفيض لحساسية الحيوان لأثر المكافأة وللتدعيم الإيجابى للمنبهات المختلفة. أداء أجهزة المورفين الداخلية المتضمنة بعمق فى تكون الانفعالات الاجتماعية والتعلق المتبادل بين الأفراد متأثر بالقلق الأمومى خلال الحياة الجنينية وبالحرمان من الأم المتكرر خلال فترة حديث الولادة. والميكانيزمات التى تدخل السيروتونين وتساهم فى التحكم فى الحالات الوجدانية، تتأثر هى أيضاً بالظروف المختلفة للبيئة.

### التطبيع والتفاعل الاجتماعى

إن تحديث الكومونات البيولوجية المرتبطة بالجينوم هى التى أمدت بالأسس الضرورية لنمو مختلف «الخبرات» الاجتماعية، وأتاحت بذلك أن يكون الفاعل

الاجتماعى فاعلاً لتطبيعته الذاتى أولاً، وذلك من جوانب كثيرة. التواصلات الأولى بين الطفل وأمه تتطابق مع تبادل من النوع الوجدانى: من التعبير القصدى لحالة وجدانية إلى «القراءة» النشطة للحالة الوجدانية كما يعبر عنها الآخر. هذه التفاعلات تتتالى وهى تترقى فى نفس الوقت، ومن خلال هذا المساق من التعلم الانفعالى خاصة، تتكون البناءات الأولية للمعرفة الاجتماعية للفرد كما يتكون «النمط» العام للعلاقات الشخصية المتبادلة. الطفل الصغير يكتسب سريعاً فهماً جيداً لمشاعر الآخرين، وهذه القدرة تقوم بدور مهم فى تطور عدد لا يستهان به من أنواع السلوك الاجتماعى. تساهم الوجدانات والانفعالات بشكل متسع فى البناء المشترك لمعنى مجموع الخبرات المعاشة، وكذلك فى تكوين التوقعات المشتركة؛ والنضج الناقص قد يؤدى فى هذا المجال إلى «العزلة التوحدية».

على مدى صيرورته يعمل الفاعل الاجتماعى ويدافع عن هوية نفس/ اجتماعية، فى نفس الوقت الذى ينمى ويجاهد فى المحافظة على توازن علاقى ووجدانى. ولم يعد يتعلق الأمر كما كان فى توازن المجال الداخلى (homeostasie) بتصحيح البون بالنسبة لنقاط من التحفظات الفطرية. تكثر هنا الإرجاعات التى تعمل على الماضى، وعلى التاريخ الفردى: بدقة أكثر على الأعراف والمعايير التى تم استدماجها والتشريطات المتلقاة والخبرات العلاقية المعاشة سابقاً. القوانين التى تفرض نفسها على التفاعل الاجتماعى هى قوانين الحياة داخل المجتمع، وهى قوانين معيارية تتناسب مع مكان معين ولحظة معينة من التاريخ الثقافى الجمعى. فى تقييم التحريضات ووجاهة الاستجابات لها، يقوم المساق الوجدانى بدور وسيط أساسى. وبفضل التأويل والترميز للواقع الاجتماعى المعاش، يخلق التاريخ الشخصى معنى خاصاً به وليس سابق البرمجة. ولكن فى الحدود التى تمر بها حركة الوجود، تبعاً للأعراف والتقاليد السائدة، يمكن لهذا المعنى أن يظل ضمنياً لدرجة واسعة بما أنه لا يكون موضوعاً لبحث وتفكير متحرر.

نظراً للدور المهم الذى تقوم به مساقات نظام التذكر mnésique ومساقات النظام الوجدانى التى هى فى آن واحد نتاج ومحرك للتبادل فى الوسط الاجتماعى،

فليس مما يدعو للدهشة أن البناءات المخية مثل قرن آمون hippocampique أو مركب النواة اللوزية amygdalien (المرتبطة أحدها بالآخر داخل الفص الصدغي lobe temporal) تكون متضمنة بعمق فى صيرورة وأداء الفاعل الاجتماعى. ويجب أن نشير من البداية إلى وجود تخصص وظيفى لكل من هذه البناءات التى تعمل بالتبادل الوثيق: على حين أن قرن آمون يأخذ جزءاً مهماً فى تذكر المعلومات الملموسة من النوع المكانى والزمانى والتضارىسى والنصى، على حين أن اللوزة تتدخل خاصة فى «الذاكرة الوجدانية». وعلى هذا فإن اللوزة تدخل فى اكتساب خوف مشروط والتعبير عنه، وفى تكوين القلق المرتبط بتوقع أحداث مكررة وفى الكشف عن التغير الذى يؤثر على كبر حجم المكافأة، وفى الاعتراف بالانفعالات التى تظهر فى التعبيرات الوجهية.

هناك فحوص كهربائية فسيولوجية أظهرت أن بعض العصبونات فى اللوزية تستجيب بشكل انتقائى للمنبه ما أن يصبح مرتبطاً قبلياً بتدعيم إيجابى (الغذاء) أو سلبى (صدمة كهربائية مؤلمة)؛ ونشاط هذه العصبونات يمكن تناوله وتشكيله بتغييرات تؤثر على التكافؤ الوجدانى للمنبه. من ناحية أخرى فإن الصدوع من ناحيتى اللوزة تؤدى إلى اضطراب عميق فى تكوين الربط بين «مكافأة» وحدث منفر لمنبه ما، وتؤدى كذلك إلى اضطراب سلوكى فى التعبير عن هذا الربط. بالإضافة إلى أن الصدوع لها تأثير على تخفيض حساسية الحيوان لكل تغير يحدث فى المكافأة التى تجعل المنبه يتوقعها، وسوف يكون لديه ميل إذن للاستمرار فى سلوك لم يعد مناسباً.

بشكل عام، اللوزة متضمنة بعمق ليس فقط فى الاكتساب والتعرف على المعنى الوجدانى لشيء أو لموقف، وإنما أيضاً فى تطور هذا المعنى تحت التأثير البنائى للتجربة لتحقيق «الجبر الداخلى» للمعانى السارة والمكررة للمواقف التى تنتج عن سلوك ما. ونسلم بسهولة إذن أنه خلال التفاعل مع مجموع البناءات المخية تقوم اللوزة بدور مهم فى تكيف السلوك خلال حياة الفرد، وفى التعبير عن

الأطراف الفردية للسلوك الذى يعكس التشريعات المحفورة فى هذا المعاش نفسه. ونفهم أيضا لماذا الصدوع من جانبى اللوزة تؤدي إلى اضطراب السلوك الاجتماعى الوجدانى خاصة، بما أن الفرد لا يستطيع تبنى أنواع من السلوك مناسبة إلا بالرجوع إلى حياته داخل المجموعة. إذا تم عمل صدوع كذلك، لدى القروود التى تعيش بحرية، فإن الحيوانات التى تم عمل جراحة لها تصبح غير قادرة على التعرف على معنى الإشارات الاجتماعية الصادرة عن زملائها؛ وبهذا فهى غير قادرة على إعادة الاندماج فى المجموعة أو فى أى مجموعة مجاورة: إنها تتعزل ولا تعيش طويلاً بعد ذلك. ولدى القروود الإناث فإن استئصال اللوزة من الناحيتين يؤدي إلى اضطراب السلوك الأمومى بشدة، وتموت صغار الحيوانات إذا لم يفصل بينها وبين الأم وتنشأ تنشئة اصطناعية.

وخلال مسيرة الحياة الفردية، فإن بناءات الفص الصدغى نفسها تلعب دوراً مهماً فى نمو السلوك الاجتماعى. والصدوع المبكرة لدى القرد الماكاك تؤدي إلى اضطراب فى السلوك يظهر تدريجياً ويزيد مع تقدم العمر: تصبح الحيوانات زائدة الحركة، وتستمر فى أنواع من السلوك لم تعد مناسبة، ويتضح أنها غير قادرة على فرض نفسها داخل المجموعة، وإذا تم عمل صدوع فى منطقة اللوزة وقرن آمون لدى قروود حديثة الولادة فنحن نلاحظ أيضاً فيما بعد، بالإضافة للعجز فى الذكر، اضطراباً عميقاً للسلوك الاجتماعى الوجدانى، مع فقر شديد للتفاعلات الاجتماعية وسلوك قهرى واضح ومتصلب. ويمكن أن نضيف (مع كل الحذر المطلوب!) أن النضج الناقص لعصبونات اللوزة وقرن آمون اكتشف داخل مخ أطفال مصابين بالتوحد، وأن الخلل فى عمل بعض المستقبلات لهذه العصبونات نفسها يمكن أن يساهم فى نشوء صعوبات التعامل الاجتماعى ويساهم فى اتجاه الانسحاب الاجتماعى وهى من خواص التوحد.

## تكوين وإنعاش الحياة الداخلية

فيما وراء المتطلبات البيولوجية البحتة للحظة، وفيما وراء الطلبات المتعددة والضغوط الاجتماعية التي تستقي معناها الكامل من التاريخ الماضي للفرد، فإن الشخص الباحث عن معنى يمكنه أن يأخذ خطوة نحو الخلف بفضل الحوار الذي يقوم به مع نفسه، وبفضل العمل الذي يقوم به مع نفسه تأتي التمثلات الداخلية المشغولة بنشاط والتي يعاد العمل عليها باستمرار بفضل السيطرة على اللغة، تأتي لتضع نفسها بين حقيقة العالم والشخص الذي يدركه. ومن حيث التفاعلات المركبة للعمل المعرفي الدءوب مع دينامية وجدانية تترقى وتتوسع فإن هذه التمثلات هي بناءات متطورة ولها «اتجاه»: في مواجهة العالم الحقيقي الحالي تكون «دافعيات» (بالمعنى المزدوج «هدف للحركة» و«محرك للفعل») وهي تعطى للفعل كل «معناه» (بالمعنى المزدوج «التوجه» و«المعنى») ولأن الشخص مهوم بالتحقق وجعل إمكانياته واقعية فإنه يندفع نحو المستقبل ويعمل في مشروع الحياة بطريقة واعية ومتعمدة. وما أن ينمي في نفسه داخلاً مستقلاً (ولكن أيضاً منفتحاً باتساع على العالم وعلى الآخر)، فإنه يجتهد أن يعطي معنى ووضوحاً لحياته. بالإضافة إلى ذلك فإنه قد يكون لديه الانشغال والفرح للمشاركة في مشروعات الإبداع الإنساني.

ومن حيث تحمله للوجدانيات والانفعالات الخام من خلال الحوار الداخلي ونمو التفكير في الماضي والتوجه نحو المستقبل معاً، تتولد مشاعر وانفعالات أكثر تعقيداً، بطول تاريخ تطور الفرد، ابتداء من حالات وجدانية أساسية كالخوف والغضب والتقرز والحزن واللذة. شيئاً فشيئاً حينما تبني الذات نفسها وتتطور، فإنها قد تعود إلى الماضي (بمشاعر ندم أو ذنب أو فخر...) أو تقوم بانعكاسات في المستقبل (بمشاعر أمل واثق أو خوف) أو مواجهات مع «ذوات» أخرى في المستقبل (مع مشاعر حسد وفرح مأخوذ من مآسى الآخرين وشفقة وتعاطف...). في تكون هذه المشاعر المركبة فإن العمل داخل الذات والعمل المتبادل بين الأشخاص يتغذيان ويثران بالتبادل.

يتركز التطور للتاريخ النوعي للمخ وكذلك نضجه البيولوجي البحث لدى الفرد في التوصيلية connectivité والدونة التي يتميز بها اللحاء خاصة ما قبل الجبهي. معطيات كثيرة تم الحصول عليها لدى الإنسان والحيوان تؤدي بنا إلى التفكير في أن هذا اللحاء (هو في حالة تفاعل وثيقة مع كل مجموع البناءات اللحائية وتحت اللحائية) يأتي بمساهمة أساسية للتكاملات الأكثر تقدماً ليس فقط بين وظائف وعمليات معرفية، وإنما أيضاً بين هذه الأخيرة ومساق من النوع الوجداني conatif. هذه المنطقة من المخ تقوم بدور مهم في التخطيط والتحكم والتكيف للأفعال القصدية. إنها تتلقى إشارات يمكنها أن تؤثر على تشغيل التوقعات واختيار الاستراتيجية التي تعظم المكافأة. الصدوع في اللحاء قبل الجبهي تسبب «ضياح للتلقائية» و«الدافعية» الداخلية، والانعكاس في المستقبل وتسبب في نفس الوقت بعض الفقد لاستقلال الفرد بالنسبة لمحيط حياته.

أظهرت تجارب الصدع المتموضع وكذلك تسجيل الأنشطة العصبونية الأحادية أن بعض مناطق اللحاء القبل الجبهي (اللحاء المحجري - الجبهي-orbito-frontal واللحاء السنجولاري cingulaire الأمامي) متصلة ببعضها مع اللوزة ومتضمنة في معالجة المعلومات ذات الطبيعة الوجدانية في عمل «ذاكرة العمل» وفي الكشف عن التغيرات التي تؤثر على كل معنى وجداني. وفي هذه الظروف ليس من المدهش أن صدوع اللحاء المحجري - الجبهي تؤدي لدى القرد إلى اضطرابات عميقة في «الشخصية» وفي السلوك الاجتماعي: إدراك ناقص للمشاعر التي يعبر عنها الآخرون وإفكار لتعبيرات الوجه التلقائية وميل للعزلة الاجتماعية. ولدى المرضى الذين يعانون من صدوع في اللحاء قبل الجبهي (النواة الرمادية للقاعدة التي تتلقى انعكاسات اللحاء قبل الجبهي واللوزة)، نلاحظ أيضاً تبدل وجداني وفقد «للوثة الحيوية» واتجاه للانسحاب الاجتماعي. وتعمل هذه الصدوع على الاضطراب العميق للتعرف وتفسير الإشارات الاجتماعية ومن ثم، اضطراب تكيف السلوك للمواقف الاجتماعية المختلفة والمتغيرة. ويوضح التصوير المخي

لدى الشخص العادى، نشاطاً واضحاً للحاء السنجولارى الأمامى خلال حوادث الحزن والفرح، أو أيضا حينما يلاحظ الشخص تعبيرات وجهية محملة بالانفعالات الإيجابية أو السلبية.

### بعض الملاحظات حتى نقوم بالاستخلاص

يجدر بنا أن نؤكد على الواقع المستقل (حتى وإن كانت هذه الاستقلالية نسبية بالطبع) والأهمية الحيوية للملحقات والحالات وسير العمليات ذات الطبيعة الوجدانية. إن الوجدانيات والانفعالات لا تُمتص (لا كظواهرات بسيطة ولا كمساقات محفزة «بالتوازي») فى الوظائف والعمليات المعرفية البحتة. إن دراسة عمل المخ تبين بوضوح أن الإشارة أو الحالة التى لها وزن وجدانى خاص، يمكن أن تتولد بتنشيط - بطريق كهربائى أو كيميائى - لأحد النظامين العصبونيين المختلفين، سواء من الناحية التشريحية أو الأدائية. ولما كان هذان النظامان يحتلان جزئياً منطقة المهيد فإننا يمكننا أن نستثير بالتزامن آثاراً مرغوبة وآثاراً منفرة؛ ولكن يتضح لنا أن تكرار تفريغ شحنة بعض العصبونات مرتبط ارتباطاً وثيقاً بقوة استجابات الاقتراب، على حين أن عصبونات أخرى مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بقوة استجابات الهروب. التمييزية الوظيفية والانعزالية المكانية للجهازين تلتقى حتى مستوى اللحاء قبل الجبهى، وبهذا فإن الاستثارة الكهربائية للأجزاء المختلفة للحاء السنجولارى الأمامى تحفز انفعالات ذات طبيعة مختلفة. بالإضافة إلى أن التصوير الوظيفى للمخ أتاح توضيح أن حادثة حزن أو العكس، فرح، تؤثر بطريقة متميزة على مناطق مختلفة من اللحاء المخى وأن هذه الحالات الوجدانية لا تتواءم ببساطة مع أنشطة ذات اتجاه مضاد لنفس المنطقة من اللحاء.

الإشارة أو الحالة الوجدانية، المحفزة بطريقة طبيعية أو تجريبية، يمكن أن تبرز - بطريقة فورية أو بالتشريط - مع المعلومة الحسية، أيًا ما كان المستوى الذى تعالج فيه هذه المعلومة. ومساقات هذه العمليات يمكن أن تتناول عمداً بحقن

ميكروسكوبية موضعية لجزيئات عصبية نشطة ولا تغير أبدًا الوظائف والعمليات المعرفية من حيث هي كذلك. المساقات ذات الطبيعة الوجدانية كأنها «متحول متدخل» تؤمن وظيفة وسيط بين الإدراك والنشاط. وهذه الوساطة ثنائية التوجه تتيح مرونة كبيرة لأداء المخ، مما يسمح للمخ بالتخطيط وتنظيم التفاعلات التي تكون متكيفة ومكيفة في الحوار الثلاثي الذي يديره الإنسان مع البيئات الخاصة به. في علاقتنا مع العالم ومع أنفسنا يلعب البعد الوجداني للوعي دورًا أساسيًا، لأنه ينعش ويوجه ويثرى الفكر ويساعد على تثبيت الأولويات والتغيير فيها وعمل الاختيارات. هذه الطريقة لرؤية الأشياء تلتقي تمامًا مع رؤية علماء النفس الذين يقدمون مفهومًا وظيفيًا وديناميًا وتطوريًا «للشخصية»، بوضوح يتم هو نفسه بطريقة دينامية وديالكتيكية وتتطور عبر الزمن. هذه التكاملات والتآزرات والتوقيات التي يستلزمها هذا المنظور في داخل المخ مؤمنة بصفة خاصة من خلال أجهزة عصبونية ذات وظيفة «متسامحة» مثل الجهاز اللحائي الطرفي *mésocorticolimbique*.

ولا يعتبر هذا عدم اعتراف بالأهمية الكبيرة «للعلوم العصبية المعرفية» وإنما هذا لأننا نتحدث في صالح النمو المأمول بشدة «لعلوم عصبية وجدانية». وهذا يفرض نفسه بدرجة أكبر لأن البعد الوجداني للعمليات العقلية يولد ويعمل وينتشر داخل المخ نفسه، بدون أي تراسل مع العالم الفيزيقي الخارجي؛ على حين أن بنائية العمليات المعرفية تتم بالتفاعل مع بناءات متماثلة من نفس هذا العالم. هذا يعني أنه لا يمكننا أن نتجاهل المعطيات المطروحة من قبل «علم الأعصاب الوجداني» إذا أردنا القيام بتفكير نقدي عن طبيعة ووظيفة العمليات من النوع الوجداني وهو مساق يصبح الوجود الإنساني بدونه مبتورًا من أحد أبعاده العظمى.



المراجع:

- KARLI (P.), «Cerveau et efficacite», *Revue internationale de philosophie*, n° 209, mars 1999, p. 347-363.

## الخريطة المخية للرغبة الجنسية الذكرية<sup>(٧)</sup>

بقلم: سرج ستوليرو

Serge STOLÉRU

ترجمة: ماجدة الريدى

تتركز الدروس فى إطار التربية الجنسية للأطفال غالبًا على أعضاء التناسل الخارجية، وعلى أعضاء التناسل الداخلية أو على فسيولوجية التكاثر، ولكن يقول بعض التربويين إن العضو الجنسى الأكثر أهمية هو ما يقع بين الأذنين، أى المخ.

من وجهة نظر علم الطبائع، فإن موضوع السلوك الجنسى أساسى مادامت الوظائف الكبيرة للسلوك الحيوانى هى: إيجاد الغذاء وإيجاد وكر مناسب بيئيًا وتفادى القناصين والعثور على شريك جنسى.

وسلوك الجماع لدى الحيوان ليس سوى نقطة الأوج لسلسلة من المراحل السابقة، حيث للمخ دور منوط به فى كل مرحلة من المراحل. وحالة الاستثارة الجنسية وهى حالة نفسية وفيزيائية فى آن واحد تجعل الفرد مستعدًا للقيام بالسلوك الجنسى. وحالة الاستثارة الجنسية مرتبطة بعوامل داخلية، هرمونية خاصة، وعوامل خارجية مرتبطة بالمشيرات والورودات الآتية من البيئة. ومفهوم الاستثارة الجنسية قريب من الإثارة الجنسية. ومفهوم الاستثارة هذا يحدد نزوع الفرد للدخول فى وقت معين فى حالة استشارة جنسية كدالة لمثير أو أكثر فى البيئة.

---

(٧) نص المحاضرة رقم ٣٧ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٦ فبراير ٢٠٠٠.

وتؤدي بنا الدراسات الحديثة في مجال علم النفس التطوري إلى الظن بأن الانتخاب الطبيعي اختار في المخ أنظمة تجعل من السلوك الجنسي مصدر لذة الفرد، أي سلوك الجماع الجنسي ولكن أيضا مرحلة الاشتهااء، يعنى السعى والاقتراب من الشريك أو الشريكة الجنسية.

لعب الاختيار الطبيعي غالبا دورا في بناء مخ يتحكم في مساقات الإثارة الجنسية والتعبير عن سلوك الجماع الذى يؤدي إلى نقل الجينات إلى الجيل التالى.

إن المخ متضمن غالبا في كل المراحل المتتالية للسلوك الجنسي من أول البداية (مرحلة الاشتهااء) حتى النهاية (المرحلة المسماة الدخول *consommatoire*) وإحدى المراحل الأولى هي المعالجة المعرفية لمنبهات البيئة. ومولد الاستثارة الجنسية لدى فرد ليس بالضرورة هو نفسه بالنسبة لفرد آخر، لا يوجد ما هو أكثر تنوعا من الموضوع الذى يسبب هذه الحالة. المخ متضمن في معالجة المنبهات الخارجية، وموضوعات الدوافع الغريزية، كما يقال في التحليل النفسى، هذه المنبهات التى سوف تكون مولدة لحالات الاستثارة الجنسية.

ولدى القروء فإن خصائص الإناث كالرائحة أو الإشارات البصرية، تعالج من قبل المخ وتشجع وتسهل السلوك الجنسي. هذه الخصائص تقيّم عبر المعالجة المخية لمعلومة حسية. ولدى الموجودات الإنسانية أيضا، تكون الجاذبية الجنسية قائمة على عوامل كثيرة يجب أن تقيّم حتى تنمو الاستجابة الجنسية. يوجد لدى الإنسان عوامل غالبا أكثر تطورا من الحيوان وهى العوامل الدافعية، وخاصة الإدراك الواعى للرجبة الجنسية والعوامل الوجدانية بكل أبعادها واللذة المرتبطة بالجنس. وإنه لأكثر من مرجح أن المخ يتدخل لكى يولد لدى الفرد، من ناحية، هذا الإدراك للرجبة الجنسية، ومن ناحية أخرى هذا الإدراك الوجدانى للمشاعر وللذة التى تكون على قدم المساواة مع هذا السلوك.

وعلى ذلك، فمن الواضح أننا لا نستطيع أن نقنع، إذا أردنا فهم السلوك الجنسي للإنسان، بأن ندرسه لدى الحيوان، بما أن السلوك الجنسي الإنسانى يتميز

بخصائص خاصة، ولن نتمكن أبداً أن نفهم إذا نحن اقتصرنا على دراسات لدى الفأر أو حتى القرد.

وقد تم الحصول على عدد من المعارف عن المتلازمات التشريحية للاستثارة الجنسية الإنسانية. رسم المخ الكهربائي، وهي تقنية مألوفة تبين أن الفص الجبهي lobe temporal الأيمن متضمن غالباً في الاستثارة الجنسية. وقد أوعزت بذلك تجارب طبقت رسم المخ الكهربائي على أشخاص يقومون بملاحظة صور فوتوغرافية ذات مضمون جنسي واضح.

وتنقل لنا دراسة فنلندية قائمة على تقنية التصوير المسمى SPECT، أنه في فترة الارتواء (الأورجازم) يحدث انخفاض في معدل الدم المخي في كل المناطق فيما عدا المنطقة قبل الجبهية prefrontale اليمنى، وهي إذن المنطقة الأمامية للفص الجبهي من الناحية اليمنى. وعلم الصرع يعلمنا أنه، لدى بعض الأشخاص، يحدث إبان النوبات الصرعية، أنواع من السلوك الجنسي الأساسي. هذه ظاهرة نادرة ولكنها مهمة في تأكيد أي المناطق في المخ يمكن أن تكون على علاقة بالجنس. توجد مثلاً نوبات حيث يحس الشخص بأحاسيس تناسلية من الناحيتين، وأيضاً، سوف يشعر بشكل متزامن بمظاهر وجدانية مثل الخوف أو اللذة. في مثل هذه النوبات تتدخل المناطق الجبهية أيضاً وخاصة اللوز المخية amygdales cerebrales ومنطقة قرن آمون<sup>(٨)</sup> hippocampique. توجد نوبات صرعية أخرى مصاحبة بسلوكيات جنسية، حيث المظاهر لا تكون وجدانية أو جنسية وإنما حركية. وهؤلاء المرضى يمسون بأعضائهم التناسلية ويمكنهم أن يبدأوا بحركات ارتفاع الحوض، وتبدو هذه النوبات على علاقة بنقطة بداية في اللحاء السينجولاري cingulaire. واللحاء السينجولاري عبارة عن حزام من المادة الرمادية الموجودة فوق الجسم الصلب (الثقني calleux) الذي هو عبارة عن شريط

---

(٨) نتوء مستطيل يحتل الجدار الخارجى للرتج الأسفني لكل بطين جانبي للمخ. (قاموس ماسون Masson الطبى syn.: corne d'Amon, grand hippocampe). (المترجمة)

من المادة البيضاء التي تجمع النصفين الكرويين للمخ. واللحاء السينجولارى هو إذن منطقة عميقة على السطح الداخلى للنصفين الكرويين للمخ.

والصدوع الناجمة عن المرض أو المصطنعة بالتدخل الجراحى العصبى أمدتنا بمعطيات مكملة. فقد كان هناك حتى حالة من الصرع المستعصى على العلاج حيث نزع الجراحون الفص الجبهى من الناحيتين وخاصة الجزء الداخلى أى اللوز المخية وقرن آمون، وقد أظهر هذا المريض بعد العملية زيادة فى الرغبة الجنسية مع استمناء أمام الآخرين، كما ظهر سلوك جنسى مثلى على حين أن سلوكه فيما قبل كان جنسياً مغايراً فقط. نزع الفصوص الصدغية أدى إلى نوع من عدم الكف للسلوك الجنسى. وحينما حدث هذا التدخل الجراحى لدى القرد نتج عنه زيادة مؤثرة جداً للرغبة الجنسية.

الاستئصالات الجبهية أظهرت أنه فى كثير من الحالات كان يظهر عدم كف جنسى. فى ألمانيا الغربية فى الستينيات تم التدخل الجراحى لحل المشاكل التى يطرحها القائمون بالهجوم الجنسى، أى مشاكل الاغتصاب، إذن تم تدخل جراحى على المهيد hypothalamus. المهيد لدى الحيوان متضمن جداً فى السلوك الجنسى.

وقد قال المرضى الذين تم عمل جراحة لهم أنه حدث انخفاض لسلوكهم الجنسى ولرغبتهم الجنسية. ونتائج هذه التدخلات الجراحية صعبة التفسير مع ذلك، لأنه من الواضح أن واقعة التعرض لهذا التدخل لها فى حد ذاتها تأثير نفسى فى غاية الشدة.

وقد أتاح ظهور تقنيات جديدة للتصوير المخى خلال الثمانينيات، من بينها التصوير بإصدار بوزيتون أو TEP أن يكون لدينا رؤية عن الشخص المعافى خارج أى تدخل جراحى، وعن عمل الأجزاء المختلفة من المخ، وقد حاولنا باستخدام TEP أن نبين ما هى المناطق التى تنشط حينما يستجيب فرد ذكر فى صحة جيدة لمنبهات بصرية جنسية صريحة.

## الدراسة الأولى

لقد أعطى المفحوصون فى كل من الدراسة الأولى والثانية موافقتهم الكتابية على المشاركة فى البحث، بعد أن تم إعلامهم بطريقة مفصلة بأهداف وطرق هذه الدراسة. وقد تم وضع الدراستين تحت رعاية لجنة استشارية لحماية الأشخاص الذين يشاركون فى أبحاث طبية حيوية وقد أعطت هذه اللجنة رأيا مؤيدًا. فى الدراسة الأولى وضعنا جدوى وصدق منهجنا. ولم نكن نعرف فى الواقع فى هذه الحقبة إذا ما كانت الاستثارة الجنسية، وهى حالة تتعامل مع حميمية الشخص، يمكن أن تطلق فى بيئة، غير مناسبة مسبقًا، وهى وجود الكاميرا TEP (آلة التصوير) وقد قمنا بدراسة ثمانية أشخاص متطوعين أصحاء، ذكور، يستخدمون اليد اليمنى بسبب الجانبية اليمنى أو اليسرى للظواهر الوجدانية فى المخ، وأخيرًا ذوى اتجاه جنسى غيرى بما أننا لم نكن نعرف ومازلنا لا نعرف جيدًا إذا ما كان التوجه الجنسى يمكن أن يؤثر على الظواهر التى ندرسها. وقد تمت دراسة سابقة لهؤلاء الشباب الذين تتراوح أعمارهم ما بين ٢١ و ٢٥ سنة على المستوى النفسى للتأكد من أن من المنظور أن يكون لهم استجابات واضحة فى مواجهة الصور الجنسية الصريحة. وعلى ذلك فقد قاموا بملء استخبارات نفسية هدفها دراسة قابليتهم للاستثارة الجنسية.

وعلى المستوى التجريبي كان هناك ثلاثة شروط. فى الشرط الجنسى، كنا نقدم جزءًا من فيلم يظهر العلاقة الجنسية الغيرية. وهذا الجزء من الفيلم تم اختياره مسبقًا لكى يحقق شرطين: أولاً ألا يكون ذا طبيعة صادمة، إذن لا تثير التقزز، أو أى شعور آخر غير سار، وثانيًا أن يثير حالة استثارة جنسية. وكان الشباب قد قيموا هذه الأفلام مسبقًا بالنسبة لهذين المحكين. فى الشرط الثانى كان هناك فيلم «محايد انفعاليًا». من الصعوبة جدا بمكان اختيار فيلم كهذا، ذلك أنه يجب أيضا أن يتفادى أن يولد شعورًا بالملل، وكان عبارة عن فيلم تسجيلي حيث يقوم فيه شخص باستكشاف غابة أو يمشى فى جزيرة. بالنسبة للشرط الثالث، فكرنا فى أن يكون

هناك شرط انفعالي سار على ألا يكون جنسيًا، بحيث نميز النشاط المخي المميز للاستثارة الجنسية من ناحية والتفاعل الانفعالي غير الجنسي من ناحية أخرى. وعلى ذلك، فقد أدرجنا فيلمًا من النوع الفكاهي لأن الفكاهة انفعال سار والمضمون لا يحمل طابع جنسي في الجزء المختار.

لقد حاولنا قياس استجابات الأشخاص بأن نقدم لهم بعد كل فيلم مقاييس تقييم لاستجاباتهم الذاتية. ولذا فقد سألناهم: « خلال الفيلم الذي رأيته تواء ما هي شدة الاستثارة الجنسية التي استشعرتها » وطرحنا تسعة مستويات ممكنة تتجه من في غاية الشدة إلى في غاية الضعف. وسألناهم نفس الشيء بالنسبة لشدة الفكاهة المدركة. ولما كنا لم نكن نعرف جيدًا ما هي استجاباتهم، فقد قدمنا لهم اختبارًا للقلق لتأكد من أن البروتوكول لم يكن يثير القلق. بالإضافة إلى أن البروتوكول لا يبدأ إذا تجاوز القلق مستوى محددًا يعتبر مرتفعًا جدًا من قبل مصممي الاختبار. وحقيقة، لم يظهر المفحوصون قلقًا تعدى ذلك المستوى، وسار البروتوكول بدون تغيير لعدم ظهور مثل هذه المشكلة.

وقد صممنا أن يكون لدينا مقياس موضوعي للاستثارة الجنسية وتسجيل الانتفاخ القضيبى باستخدام جهاز قياس ضخ الدم في شرايين الأطراف pléthysmographe. كان المفحوص يضع بنفسه حلقة صغيرة مصنوعة من السليكون وكانت تلك الحلقة تتسع في حالة الانتصاب وهذه الاستجابة الموضوعية كانت تنتقل إلى جهاز مسجل.

وأخيرًا قمنا بتسجيل الاستجابات النفسية الفسيولوجية الأخرى وهي موضوعية أيضا، مثل إيقاع القلب وإيقاع التنفس ومستوى الهرمون التستوستيرون في البلازما testosterone plasmatique (هرمون الخصية البلازمية).

تتيح برمجيات مختصة بهذا الغرض معرفة أى الأماكن في المخ يحدث فيها ارتفاع للنشاط المخي في لحظة معينة. وبشكل تخطيطي تمامًا، سوف نفحص الظرف الذى يهمنى فى هذا الوضع وهو الظرف الجنسى. الـ TEP تعطينا فى كل

نقطة من المخ قياساً لمعدل الدم الموضعي؛ ثم نأخذ القياس الملائم في نفس النقطة من المخ ولكن كمرجع وهو الشرط المحايد، وتقوم البرمجيات في كل نقطة من المخ بعملية طرح للقياسين. الطريقة الإحصائية تسمح بتحديد ما إذا كان هذا الفرق له قيمة أم لا، إذا كان مجرد ضوضاء ليس له معنى أو على العكس أن هذا الفرق ذو دلالة ويرجع فعلاً لأثر فسيولوجي. لقد قمنا بطرح جنسى - محايد لتحديد المناطق المخية التي تنشط خلال الاستثارة الجنسية ولكن أيضاً محايد - جنسى إذا كان هناك مناطق تمتع عن النشاط. وقد قمنا بطرح أيضاً فكاهى - جنسى وجنسى - فكاهى، لمعرفة ما إذا كانت هناك مناطق تنشط (أو تكف عن النشاط) أكثر في الموقف الجنسي من نشاطها في الفيلم الفكاهى.

تزداد سرعة ضربات القلب المتوسطة قليلاً أمام الفيلم الجنسي، ولما كان كل المفحوصين قد أظهروا هذا الارتفاع، فقد اتضح أنه ذو دلالة إحصائية. وسرعة التنفس ترتفع ارتفاعاً طفيفاً، وهنا أيضاً بطريقة ذات دلالة إحصائية لأن ذلك يتم لكل. ونسبة هرمون التستوستيرون ترتفع في الدم. لدى الإنسان ولدى كل الثدييات التي تمت دراستها استجابة لهرمون التستوستيرون الدموى في حالة الاستثارة الجنسية وأكثر في حالة الجماع. وطبعاً الاستجابة لهذا النمط من الاستثارة الجنسية الذاتية كانت قوية جداً. وكانت الاستجابة «بشدة كبيرة» للأفلام الجنسية. والاستجابة في «غاية الضعف» للأفلام المحايدة والأفلام الفكاهية. والفكاهة المدركة كانت شدتها ضعيفة جداً للأفلام المحايدة والأفلام الجنسية وشدتها متوسطة كاستجابة للأفلام الفكاهية. استجاب كل المفحوصين لعرض الأفلام الجنسية لظاهرة الانتفاخ القضيبى. وأخيراً، فإن مستوى هرمون التستوستيرون البلازما المقاس بعد الأفلام الجنسية اتضح أنه أعلى من المستوى المقاس بعد الأفلام المحايدة. إذن نستطيع أن نقول إننا قمنا بإحداث الحالة التي كنا نبحث عن إحداثها.

يرتفع المعدل الدموى في المناطق الآتية: التلفيف gyrus السينجولارى الأيسر والتلفيفة circonvolution الصدغية السفلى اليمنى، واللسان الأيمن insula



(الموجود بين الفص الجبهي والفص الصدغي)، والنواة المذنبة caudé اليمنى عندما تقدم الأفلام الجنسية، بالمقارنة بمستوى هذا المعدل أثناء عرض الأفلام المحايدة. نجد من جديد إذن الفص الصدغي والمنطقة الجبهية التي أشرنا إليها بالنسبة للاستئصالات. ونجد من جديد التليف السينجولارى الذى أشرنا إليه فى النوبات الصرعية. وفى الطرح محايد- جنسى يبدو أن الجزء الخلفى من التليف السينجولورى وجزءًا من الفص الجبهي يتوقف نشاطهما.

عقب هذه الدراسة أحسنا أنه أخيرًا يمكننا أن نحلل بشكل أفضل الظاهرة النفسية للإثارة الجنسية. إن هذا يبدو متناقضًا لأنه أخيرًا، منطلقين من علم الحياة (بيولوجيا) وعلم الحياة العصبى و(البيولوجيا العصبية)، أصبح لدينا الانطباع بأننا نفهم بشكل أفضل بعض مظاهر علم النفس. إن تفسيرنا للنتائج أدى بنا إلى الظن أن هناك مكونًا معرفيًا، ومكونًا انفعاليًا- دافعياً ومكونًا فسيولوجيًا، لأننا عندما حاولنا فهم ما هى الأشياء التى تتناسب معها الأنشطة الموصوفة عاليه فقد فسرناها بالطريقة الآتية. لقد فكرنا أن الأنشطة الصدغية تتناسب مع المعالجة المعرفية لهذه الأفلام، لأسباب تتعلق بالتراث العلمى لدور اللحاء الصدغى. بالنسبة للمكون الانفعالى والدافعى كان لدينا أسباب لكى نفكر، ودائمًا بسبب التراث العلمى فى هذا المجال أنه يمكن أن يكون على علاقة بالتليف السينجولارى وأيضًا باللسان. والمكون الفسيولوجى، كان يوجد أسبابًا للتفكير بأنه يمكن أن يكون على علاقة بتنشيط التليف السينجولارى أيضا لأننا نعرف، وسوف أعود لهذا، أنه أساس الظواهر العصبية النمائية، خاصة القلب، وأنه يؤثر على الضغط الشريانى إذا ما تم تثبيته سواء أكان ذلك لدى الإنسان أو لدى الحيوان. والمكون الفسيولوجى يتضمن ظواهر الانتصاب، والظواهر القلبية، والظواهر التنفسية وأيضًا التغيرات الهرمونية.

## الدراسة الثانية

آلة التصوير المستخدمة في الدراسة الأولى لم تكن تسمح ألا بتجميع معطيات عن جزء من المخ. بالإضافة إلى أن المفحوصين تم اختيارهم بناء على محكات معينة: كانوا شبابًا بصفة خاصة وردودهم على الاستخبار كانت توضح أنهم سوف يتفاعلون غالبًا بطريقة قوية للصور الجنسية. الدراسة كانت استكشافية تمامًا، أى أن بعض النتائج يمكن أن ترجع للصدفة، وكان لا بد من تأكيدها. من ناحية أخرى فإن الصور المعروضة بحكم أنها أفلام، أى متحركة، يمكن أن تثير سؤالاً، ما إذا كان التنشيط الصدغى لا يعكس معالجة حركة الأهداف البصرية. وأخيرًا كان يبدو مهمًا جدًا أن تقدم صور ليس لها نفس قيمة التنبيه الجنسي، أى رفع شدة المنبه تدريجيًا ومعرفة ما إذا كانت الاستجابة المخية سوف تزداد بالتوازي.

وقد شارك في الدراسة الثانية ٩ مفحوصين ذكور يتراوح عمرهم بين ٢١ و ٣٩ سنة فى صحة جيدة على المستوى الفيزيقي والنفسي ولا يعانون من اضطراب جنسى ولم يتم اختيارهم على أساس قابليتهم العالية للاستثارة الجنسية بشكل خاص، وقد قدمنا الشروط الثلاثة للدراسة الأولى مضافاً إليها ثلاثة شروط فوتوغرافية بحثة:

- صور فوتوغرافية لنساء لا تتضمن استثارة جنسية (شخصيات نسائية بكامل ملابسهن تقمن بأنشطة مهنية).
- صور عارضات أزياء، إذن نساء جميلات ولايسات.
- وأخيرًا صور شابات عاريات أو جزء كبير منهن عارٍ. وقد تم تقييم الثلاث فئات من الصور من قبل متطوعين لم يشاركوا فى باقى الدراسة وكانت هناك درجات لتقييم طابع الاستثارة الجنسية لهذه الصور.

وإحدى المشكلات التى قابلتنا فى هذه الدراسة أن حالة الاستثارة الجنسية لا تتوقف بطريقة فورية. هناك استمرارية للإثارة الجنسية. ولذا فقد اتبعنا نفس نظام

العرض لكل المفحوصين: أفلام محايدة ثم أفلام فكاهية ثم صور غير مثيرة ثم صور عارضات أزياء ثم صور نساء عاريات وأخيرًا أفلام جنسية صريحة. وإلا فإنه كان سوف يحدث «عدوى» بالإثارة الجنسية للمنبه المحايد. للتأكد من أن المثيرات حثت على حالة من الاستثارة الجنسية فقد استخدمنا نفس الأدوات ونفس مقاييس الدراسة الأولى ولكن هذه المرة قمنا بقياس ضغط الدم الدياستولي والسيستولي.

ونُظِّم العرض لكل فئة من المنبهات البصرية كالتالي: تنبيه بصرى ثم تقديم الاستخبارات وعودة للخط القاعدي الانفعالي بفضل فيلم محايد ثم راحة ثم من جديد تنبيه انفعالي... إلخ. ولما كان TEP له إشارة صوتية ليست جيدة جدًا، فكان يجب إعادة كل قياس، أى استخدام فيلمين أو مجموعتين من الصور لكل فئة من المنبهات.

الإثارة الجنسية كما أدركها المفحوصون كاستجابة لمختلف المنبهات المتنوعة هي كالتالي:

- أفلام محايدة: إثارة شديدة الضعف
- أفلام فكاهية: إثارة شديدة الضعف
- صور غير منبهة: ارتفاع طفيف للإثارة
- صور عارضات الأزياء: إثارة ما بين ضعيفة ومتوسطة
- صور شابات عاريات: إثارة ما بين متوسطة وقوية
- أفلام جنسية: إثارة كبيرة

ويوجد ارتفاع تدريجي ذو دلالة للضغط الشرياني كاستجابة للمنبهات المتتالية. الانتفاخ القضيبي معدوم كاستجابة للأفلام المحايدة، ثم هناك ارتفاع تدريجي للانتفاخ القضيبي بدءًا من عرض صور عارضات الأزياء. هرمون التستوسترون يرتفع قليلا أمام الأفلام الفكاهية. بالإضافة إلى ذلك، فإنه أقل شدة أمام الأفلام الفكاهية عنه أمام الأفلام الجنسية.

وحيثما قمنا في كل نقطة من المخ، بطرح قيمة المعدل الدموي أثناء عرض الأفلام المحايدة من قيمة المعدل الدموي أثناء عرض الأفلام الجنسية الصريحة، رأينا ظهور نشاط للتلفيف السينجولاري الأمامي الأيسر ذي قمتين، قمة أمامية تمامًا وقمة أكثر نحو الخلف ولكن كله فيما يسمى التلفيف السينجولاري الأمامي. وقد حاولنا أن نرى ما إذا كان بالإمكان عمل تحليلات للاقتتران. والأمر عبارة عن تحديد ما هي المناطق المخية المنشطة كاستجابة لكل من الأفلام الجنسية الصريحة وكاستجابة لصور عارضات الأزياء ولصور الشابات العاريات. عندما قمنا بعمل هذا التحليل، رأينا ظهور التلفيف السينجولاري الأمامي، النتيجة تبدو إذن واقفة على أرض صلبة، إننا نجده أياً ما كان الأسلوب الذي يسمح بتوليد الإثارة.

وخارج اللحاء السينجولاري الأمامي نلاحظ أنشطة في أماكن أعمق من المخ: الحاجزين<sup>(٩)</sup> claustrums وأحد العقد القاعدية البوتمين putamen والمهاد thalamus. وكاستجابة لصور عارضات الأزياء تحدث ظاهرة خاصة في اللحاء المحجري الجبهي الأيمن. وإذا عرضنا صور، حيث تظهر نساء، فإن المعدل الدموي في هذه المنطقة يرتفع. وما هو ملفت بشكل خاص أن المعدل يرتفع مهما كان نمط صور النساء. في الواقع، إن المعدل يعمل بصورة قصوى أمام صور عارضات الأزياء. وحيثما نسأل المفحوصين عن شعورهم أمام الصور في وقت لاحق، يقولون إنه يوجد بعد جمالي، وحكم جمالي، على حين لا يوجد ذلك إطلاقاً أمام الصور العارية التي هي استجابات اندفاعية ولا يوجد أيضاً في الأفلام الجنسية حيث الاستجابة أكثر اندفاعية ومجردة من البعد الجمالي. وعلى ذلك فنحن نعرف أنه في مجالات أخرى غير السلوك الجنسي فإن اللحاء المحجري الجبهي cortex orbitofrontal دوراً في تقييم المنبه.

---

(٩) الحاجز طبقة سنجابية اللون من الخلايا العصبية في داخل المخ تشبه الدرع أو الحاجز، وتقع بين النواة العنسية ولحاء المخ. (موسوعة علم النفس والطب النفسي للدكتور وليم الخولي)

أخيراً فإن المناطق التى وجدت حينما قمنا بالتحليل باستخدام عملية طرح، هى نفس المناطق التى وجدت حينما قمنا بالتحليل للبحث عن المناطق التى تتميز بعلاقة بين درجة التنبيه ودرجة الاستجابة المخية.

يؤكد هذا العمل مفهوماً يمكن أن نسميه مركباً للإثارة الجنسية. هذه الحالة المركبة تتكون من عمل معرفى، وعامل انفعالى وعامل دافعى وعامل فسيولوجى وهذه المكونات المختلفة مرتبطة داخليا بعضها ببعض الآخر.

الجانب المعرفى هو هذه العملية التى سوف تتيح تقييم منبه وتُسند إليه معنىً جنسياً. ونحن نظن بعد هذه الدراسة أن اللحاء المحجرى الجبهى متضمن فى هذه العملية. وواقعة أن تكون هناك استجابة قصوى لعرض صور عارضات الأزياء لهو دليل فى هذا الاتجاه، والدليل الآخر هو عندما ننظر إلى دراسات تمت على موضوعات شبيهة، مثلاً، على الإحساس اللمسى السار فى مقابل الإحساس اللمسى غير السار، نرى أن اللحاء المحجرى الجبهى يقيم الطبيعة اللذيذة، أى درجة اللذة المرتبطة بالإحساس اللمسى.

كذلك حينما يقدم طعام للقرود فإنه إذا كان جوعان فإننا سوف نرى اللحاء المحجرى الجبهى ينشط وإذا لم يكن جوعاناً فإن نفس الصورة لا يكون لها أى تأثير عليه. إذن، كل شئ يتم وكأنما يقدم اللحاء المحجرى الجبهى المعنى الدافعى الذى يربط الشخص أو الحيوان بالمنبه.

وفيما يتعلق بالناحية العصبية النمائية للإثارة الجنسية، نظن أن هذا العمل يشير إلى دور الجزء الأمامى تماماً من اللحاء السينجولارى. أحد هذه الأسباب هى أنه حينما تنبه هذه المنطقة كهربائياً لدى القرود، فإن ذلك يكون بداية لانتصاب. ونحن نعرف أيضاً أنه لدى الإنسان، بمناسبة التدخل الجراحى العصبى حينما يتم تنبيه هذا الجزء الأمامى تماماً للحاء السينجولارى، فإننا نحصل على تغيرات فى الجهاز العصبى النمائى، سرعة النبض مثلاً وسرعة التنفس أيضاً؛ عملياً كل الأجهزة الحشوية تقع تحت سيطرة هذا الجزء من اللحاء السينجولارى.

وتبين نتائجنا أيضا أن المهيد يتدخل في التحكم في الانتصاب الذي يكون قد ولده منبه بصرى. في التجارب على القرد حينما يتنبه الجزء الخلفى من المهيد يوجد انطلاق للانتصاب وصعود للأنتى وحركات دفع نحو الأعلى فى منطقة الحوض حتى الوصول للقذف.

يوجد فى المكون الانفعالى، ارتباط بين جانب من اللذة والإثارة الجنسية. ولدينا أسباب للظن بأن جزءًا من أجزاء التلفيف السينجولارى المنشط فى هذه الدراسة مرتبط بالإدراك الواعى للانفعال؛ ونحن نعرف بالفعل بفضل الأبحاث فى التصوير المخى القائمة على أنواع أخرى من الانفعالات (كالخوف والحزن) أن جزءًا أماميًا جدا للحاء السينجولارى يتدخل فى الإدراك الواعى لفئات كثيرة من الانفعال.

ما الأكثر تميزًا للرجبة الجنسية؟ هو الرغبة فى وضع الرغبة موضع التنفيذ، أى إجراء الفعل؟ هذا هو الجانب الدافعى للإثارة الجنسية. نحن نظن أن المنطقة المخية التى يمكن أن تكون على علاقة أكثر بهذا الجانب هى اللحاء السينجولارى الأمامى، فى جزء نواة المذنب أى الخلفية تمامًا. أحد الأسباب التى تجعلنا نفكر هكذا هى أن اللحاء تحت الميكروسكوب له جوانب قريبة جدا من اللحاء قبل الحركى أو المنطقة الحركية المتممة. وعلى ذلك فإن الرغبة فى الانتقال للفعل هى تحضير لسلوك حركى فعليًا. ولنتذكر، إنه لدى القرد تنبيه للحاء السينجولارى الأمامى يحرض على ظهور سلوكيات استمناة؛ وإنه خلال النوبات الصرعية المصاحبة بسلوكيات جنسية حركية، وجد نقطة بداية فى المناطق السينجولارية الأمامية.

من المهم أن نذكر أنه إذا وضعنا شخصًا فى سرير آلة التصوير TEP لابد له أن يظل ساكنًا ولا يمكن أن ينفذ الرغبة الجنسية. يوجد إذن قهريًا ميكانيزمات تحكم كافية سوف تمنع الانتقال إلى الفعل. فى هذه المنطقة للنواة المذنبية تمامًا فى اللحاء السينجولارى الأمامى، يوجد بشكل دقيق لحاء يسمى اللحاء الاختيارى

للفعل، سوف يتدخل فى اختيار الاستجابة الحركية. ونحن نعرف فعلا أنه إذا أراد شخص الاختيار بين نوعين من السلوك فإنه يجب عليه أن يكفّ أحدهما لكي ينشط الآخر، سوف يمنع نفسه من الإتيان بشيء ما لكي يقوم بعمل شيء آخر. فإنه يتم تنشيط لهذه المنطقة بالضبط من نواة المذنبّة فى اللحاء السينجولارى الأمامى. وعلى ذلك إذا عودنا قردًا على الاستجابة دائماً بالضغط على الرافعة للحصول على عصير البرتقال وأعطينا له فجأة، ليس عصير البرتقال وإنما عصير آخر لا يحبه كالماء المملح مثلاً، فإنه يجب أن يتعلم أن يوقف الضغط على الرافعة. إنه هذا اللحاء الذى سوف يتوجب عليه العمل لمنع الاستجابة غير المناسبة.

لذلك فإننا نعتبر هذه المنطقة من اللحاء السينجولارى كمكان للشعب، حيث تصل فى نفس الوقت إشارات من نوع « go » وإشارات من نوع « no go » (وهى اللغة المستخدمة فى تجارب القرد). وقد تكون هذه المنطقة من اللحاء مرتبطة بالضبط الجنسى، أى بهذا الانطباع غير السار فى النهاية الذى يستشعره القرد عندما يكون لديه رغبة ولا يمكنه التعبير عنها.

نحن نلاحظ على مستوى الحاجز claustrum والعقدة القاعدية البوتامين putamen علاقة «الجرعة - الأثر»: كلما ارتفعت الإثارة الجنسية الذاتية كلما ارتفع نشاط putamen claustrum. بعض الحجج تزعم أن الحاجز claustrum متضمن فى الجانب الدافعى للإثارة الجنسية. وحجج جنينيه توضح أن الحاجز claustrum يمكن أن يؤدي لدى القروود العليا وأيضاً لدى الإنسان دوراً يقوم به لدى الثدييات الأخرى الجزء الجدارى الأسفل للوزة المخية التى نعرف أنها منوط بها السلوك الجنسى لثدييات كالفأر مثلاً. لدى الإنسان خلال الدراسات TEP لأنواع أخرى من السلوك المهدفة كالظمأ أو الجوع، نرى ظهور نشاط أيضاً على مستوى الحاجز claustrum .

لكى نلخص، الفكرة التى لدينا الآن هى أن حدوث منبه جنسى، تفك شفرتة أولاً المناطق الصدغية- القذلية temporo-occipitales التى سوف تقيمه كمنبه

جنسى، وسوف تفك شفرة شكله وسوف تحدده كمنبه من الفئة الجنسية (سيدة ناضجة بالنسبة لرجل ذى جنسية غيرية مثلاً). ثم تتم المعالجة المعرفية فى المنطقة المحجرية الجبهية التى سوف تقيّم بأن لهذا الشكل المحدد على أنه جنسى معنى دافعى أكثر أو اقل. يتوجب بعد ذلك أن يكون هناك تحكيم بين تأثيرات النمط «go» وتأثيرات النمط «no go» هذا التحكيم تبعاً للنظريات الحالية عن دور النواة الرمادية المركزية، يمكن أن يتضمن إحدى العقد القاعدية البوتامين putamen ونواة المذنبة. النواة الرمادية المركزية تبدأ من جديد فى الصادات نحو اللحاء السينجولارى الأمامى الذى سوف يكون له دور قبل - حركى مع احتمال تحريك للفعل الحركى. بالإضافة إلى أن بعض أجزاء الفصوص الصدغية (المختلفة عن تلك المنوه عنها فى بداية الفقرة) تمارس غالباً عملية كفّ انكماش عضلى للسلوك الجنسى. فى هذا الاتجاه تعطى هذه الدراسة فكرة أن هناك استمراراً لفعل الكف من ناحية الفصوص الصدغية. وحتى يمكن لشخص أن يطور فى نفسه حالة الإثارة الجنسية يجب بشكل ما أن ترفع هذه الكابحة الدائمة.

ماذا يحدث لدى المرضى الذين يقولون إنه ليس لديهم أى رغبة جنسية أو أن لديهم انخفاض بيّن لهذه الرغبة؟ هذا الاضطراب يسمى الرغبة الجنسية منخفضة النشاط DSH. حينما نقوم بتحليل مقارن بين ما يحدث لدى الأشخاص الذين لا يعانون من هذه المشكلة (المسمين «شهود») ولدى من يقولون إنهم يعانون، نرى بحق أن التلفيف السينجولارى متشبط جداً كاستجابة لمثيرات من النمط الجنسى لدى الشهود. وعكسياً إذا بحثنا عن مناطق من المخ تتوقف عن النشاط والاستجابة لمنبهات بصرية جنسية لدى الأشخاص الذين يعانون من DSH أكثر مما يحدث لدى الشهود، فإننا سوف نجدّها فى المخيخ وبعض المناطق الصدغية وفى التلفيف الجبهى الأعلى الأيمن. بعبارة أخرى هذه الدراسة قد تسمح لنا أن نبدأ فى تطبيق بعض النتائج على فهم اضطرابات النمط DSH بحذر. يبدو أن هؤلاء الأشخاص ليس لديهم انخفاض كافٍ لنشاط المناطق المخية حين تعرضهم لمنبهات بصرية جنسية، التى تدعونا الدراسة السابقة، على التفكير بأنها



تلعب دورًا كافيًا لتمدد الإثارة الجنسية. هذا التفسير، الذي يحتاج للتأكيد يستتبعه أنه يمكن مساعدة المرضى بالعلاج النفسى الذى يرمى إلى تحجيم شدة الكف الذى يمارسه هؤلاء المرضى على رغبتهم الجنسية.

**المخ والحركة<sup>(١٠)</sup>**  
**بقلم: آلن بارتوز**  
**ALAIN BERTHOZ**

ترجمة: ماجدة الريدى

لا توجد حياة بدون حركة. قال فاوست: «فى البداية كانت الكلمة»، ولكن استدرك وقال: «فى البداية كانت القوة» ولكنه ختم قائلاً: «لا، فى البداية كانت الحركة». يجب أن نبحث فى القواعد العصبية للحركة عن أسس الأنشطة المعرفية الأكثر رقياً فى المخ الإنسانى. إن الإمساك بالفريسة، والإفلات من القناص، هى الأفعال الأكثر أساسية التى أتاحت للأنواع أن تحيا منذ ثلاثة ملايين سنة. والإمساك بالفريسة هو التكهّن بأفعال الحيوان الذى نريد الإمساك به. والإفلات من القناص هو استشفاف نوايا من يهاجمك. الأمر لا يتعلق إذن بردود أفعال واستجابات سلبية لمنبهات حسية. منذ البداية كان التحكم فى الفعل يتطلب أن يكون المخ متنبئ ويحاكى أفعال الآخر. كل شىء يتم فى بضعة كسور من الثوانى. ولذا فإن من بقيت على قيد الحياة هى الحيوانات التى استطاعت خلال ٢٠٠ أو ٣٠٠ مللى ثانية أن تقيّم موقف وسياق وتستدعى ذاكرة الأفعال الماضية وأن تتخذ قرارات.

**المخ مولد للفروض**

العلاقات بين الإدراك والفعل هى فى الأصل من الوظائف المعرفية الأكثر

---

(١٠) نص المحاضرة رقم ٣٨ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٧ فبراير ٢٠٠٠.

تَعْقِيدًا للمخ. يوجد تحت تصرف الحيوان والإنسان كى ينتقل من مكان لمكان، شبكة من العصبونات فى النخاع الشوكى تنتج إيقاعات أتوماتيكية مثل التنقل والجرى، ولكن مسألة التآزر بين وضع الجسم والحركة مسألة معقدة. وهى تحل، من بين حلول أخرى، بثبات واضح للرأس، الذى يصبح أرضية للتوجه. إن رأس النعامة التى تجرى ثابتة بامتياز. ولكن المخ تطور لكى يمسك بالفريسة ويتفادى القناصين بفضل الحركات السريعة جدا. مخ الفهد الذى يحاول الإمساك بغزالة ليس لديه الوقت لكى يعالج كل معلومات ماسكاته الحسية: يجب أن يختار فيما بينها. والمتزحلق على الجليد ليس لديه الوقت لكى يقيم كل حركات جسمه على الجليد. إنه يحاكى المسار فى رأسه ولا يقوم إلا بمراجعة من وقت لآخر لحالة بعض الدلائل الحسية المفيدة له لمعرفة موضعه أو المسافة التى تمتد حتى الوتد.

كيف يدمج المخ هذا التعدد فى المعلومات الذى تمده بها الحواس؟ وما الحواس التى تتيح لنا تقييم هذه الحركة واتخاذ قرارات؟

النظر، طبعا، يتيح لنا فحص الأشياء. وبدءًا من العين،، تنعكس المعلومات عن العالم المرئى والأشياء على المناطق البصرية الأولية، وتحديد الأشياء يؤمن عن طريق أربعة سبل عصبونية، طريقين قصيرين وهو الحصية colliculus وبناءاتها الملحقة التى تنقل معلومات الحركة وتسمح بالتوجه نحو هدف وطريقين لحائيين. الطريق الأول المسمى بطنى ventrale يسمح أساسًا بتحديد الأشياء. وفى اللحاء الصدغى الأسفل توجد العصبونات التى تتعرف على الوجوه والأشياء وهى مكتبة حقيقية للعروض. والطريق الثانى يسمى ظهري dorsale منوط به العلاقات بين الجسم والفراغ وقيادة الفعل.

بالإضافة لهذه الطرق التى تذهب من الشبكية نحو المراكز التى تشغل على إدراك الأشياء، توجد طرق رجوع تؤثر على إدراكنا للأشياء. ألم يتعرض أى منا فى الليل أو فى العتمة للتعرف على زرافة أو فيل على حين أنها كانت صخرة أو شجرة؟ يعكس المخ على العالم، إدراكات قبلية بدءًا من بناءات داخلية للمخ، سوف

يسقطها على أول مرحلات حسية وخاصة على المنطقة V1 الخاصة بالتمثيلات والإدراكات. هذه الفكرة ليست حديثة. وقبل ذلك كان لدى اليونانيين مثل أنبادقليس Empédocle، فكرة أن المخ يعكس نارا على الأشياء، ذلك أن المخ لا يقنع بالتلقى السلبي للمعلومات من العالم. إنه يعكس نوراً. نجد من جديد بعض مظاهر هذه النظرية في الاكتشافات الحالية لعلم الأعصاب.

ويوضح المثال التالي التشويه الذى يقوم به المخ لحقيقة العالم المرئى. على صورة فوتوغرافية لمسز تاتشر Thatcher، غيّرت الحواجب بطريقة تجعلها قبيحة جدا وذلك بقلب الحواجب من أعلى لأسفل. إذا عرضت هذه الصورة بالمقلوب فسوف تجدوا صعوبة للتعرف على مسز تاتشر ولكن إذا تعرفتم عليها فإنكم لن تدركوا أن الحواجب مقلوبة. المخ عكس على الصورة إدراك مسبق من الذاكرة لصورة مسز تاتشر التى رأيتموها منذ مدة طويلة. المخ يحب التماثل؛ وله ميل لأن يجعل الأشياء التى يراها متماثلة. ويحب أيضا أن يجعل الأشكال تتصف بالتصلب. المخ آله تقوم بمعالجة المعلومة ولكنها أيضا آله تعكس قيودها وفروضها وإدراكاتها على العالم.

### خمس حواس؟ لا، ست أو أكثر

ما الحواس التى تتيح تقييم الحركة؟ بالإضافة للحواس الخمس، الشم والنظر والسمع واللمس والتذوق لدينا فى الجسم ماسكات متخصصة فى إدراك الحركة. ماسكات العضلات تقيس مدى تمددها وتتيح - حينما نقوم بحركة - أن نعرف طول العضلة. وفى المفاصل لدينا ماسكات تقيس زاوية المفاصل بين بعضها البعض. وفى الجلد لدينا بالطبع ماسكات لمسية. هذه الماسكات لا تعرف ولا تسمح للمخ إلا بمعرفة التنقلات النسبية لأجزاء الجسم أحدها بالنسبة للآخر. ولكنها لا تحدد العلاقات بين الجسم والعالم.

وبالمقابل، فإن النظر يسمح بعمل هذه العلاقة. هو أيضا عدّاد سرعة. النقرة المركزية fovea ظهرت لدى الحيوانات متأخرًا، إنها لدى القروود ولدى الإنسان؛

حتى قطنك لها منطقة حيث الدقة غير الأكيدة مجاورة لإنسان العين. النظر كان في البداية ماسك لقياس الحركات ويعمل على مجموعة ماسكات غير معروفة موجودة في الأذن الداخلية على مقربة من الأذن التي تسمع: ماسكات الدهليز. لدينا إذن مجموعة ماسكات سوف تتيح لنا قياس الحركة.

المخروطات العصبية العضلية الموجودة في العضلات والتي تقاس استطالتها وسرعتها ليست ماسكات سلبية وهدف الفعل يمكن أن يغير تشغيلها. يوجد في داخل هذه الماسكات التي قام بدراستها البروفيسور لابورت Laporte بالكوليج دي فرانس أعضاء تشير إلى استطالة العضلة، ولكن لدى هذه الماسكات نفسها في أطرافها عضلات صغيرة تتيح للمخ أن يغير من حساسية ماسكاته. وعلى ذلك إذا قلت «انتظر الأتوبيس، سوف يأتي بعد ساعتين»، أو «انتبه سوف أدفعك» يمكنك أن تضبط حساسية هذه الماسكات. المخ يؤثر على الإدراك من منبعه. ونجد هذا التأثير في نية الفعل على كل الماسكات الحسية. حتى النظر متأثر بالفعل في ترحيلاته الأولى. الفعل يؤثر على الإدراك من منبعه.

ونفس الشيء بالنسبة للجلد، كذلك بالنسبة لحاسة اللمس، ولقد عرف الفلاسفة منذ وقت طويل جدا هذه المشكلة المهمة وهي فرق الإدراك بين أن نلمس وأن نكون ملموسين. وعلى ذلك لا نستطيع أن ندغدغ أنفسنا. وقد تمت حديثاً دراسة لنشاطات العصبونات التي تحدث في المخ تبعاً لما إذا كنا ندغدغ أو نكون موضع دغدعة أو أن نلمس أنفسنا أو يلمسنا أحد. وقد بين التصوير المخي أننا إذا دغدغنا شخصاً فإن المناطق المختصة تنتشط ولكن هذه المناطق تكون ساكنة إذا دغدغ الشخص نفسه. مرة أخرى الفعل يؤثر على الإدراك، الأمر لا يتعلق إذن بمساقات سلبية.

المخروطات العصبية العضلية وماسكات العضلات والمفاصل تقوم بقياس حركات الجسم بالنسبة لنفسه، ولكن ماسكات أخرى للحركة تقاس العلاقة بين الجسم والفراغ. ولدينا في الأذن الداخلية نظام حسي كامل موجود لدى كل

الحيوانات: الماسكات الدهليزية *vestibulaires* ونميز نوعين من الماسكات أولاً، ثلاث قنوات نصف دائرية إحداها أفقية واثنان رأسيان، شبيهتان بحلقات الستائر ومليئتان بسائل سميك، وهى تقيس الالتفافات ذات الزاوية للرأس، حتى عندما لا نقوم إلا بكسر من الدرجة فى الثانية المربعة، يعنى درجات فى ثانية فى الثانية. التعجيل هو تغير للسرعة. ثلاث ماسكات فى كل ناحية من الرأس، موضوعة فى ثلاثة أسطح متعامدة، مكونة مرجع إقليدى أساسى، يمكن أن يكون فى أساس مفهومنا للهندسة الإقليدية. وكما أوعز بوانكاريه Poincaré: «الفئران اليابانية ليس لديها سوى قناتين؛ قد لا يكون لديها مفهوم الهندسة ذات الثلاثة أبعاد.» هذه الماسكات لها خلايا حسية موجودة فى أطرافها، وعندما نلتفت برأسنا، بأثر القصور الذاتى فإن هذه الماسكات تقيس دوران الرأس. ومع ذلك فهى ليست ماسكات موضع: فهى لا تمشى إلا حينما نتحرك. إنها ماسكات تغير الحركة، موجودة إلى جوار القوقعة. ونستطيع اليوم أن ندرس إدراك الحركة الذى تعطينا إياه هذه الماسكات، لدى الحيوان ولدى الإنسان، بفضل جداول دوارة تتيح تحريك الأشخاص فى الأسطح الثلاثة للفراغ، وأن تُعكس على الشاشات ثلاثية الأبعاد مشاهد بصرية لدراسة التعاون بين الماسكات والنظر فى إدراك الحركة.

والماسكات مسئولة عن توازن العالم البصرى. لا يمكننا حينما نحرك رأسنا أن نستخدم خواص الرؤية لكى نرى أشياء موجودة أمامنا. إذا كانت صورة العالم تتحرك ١٠° فى الثانية تقريباً على الشبكية، فإن الصورة تكون مشوشة. وتتم دورانات الرأس على أكثر من ١٠٠° فى الثانية! وقد صنعت الطبيعة آلية، هى رد فعل دهليزى - بصرى vestibule - oculaire يجعل العين تنتقل فى اتجاه عكسى لحركة الرأس حينما تتحرك.

هذه الماسكات تقيس دورانات الرأس، وتنتج حركة للعين فى الاتجاه العكسى لحركة الرأس، مما يثبت صورة العالم على الشبكية. هذا الانعكاس قديم جداً وموجود لدى كل الحيوانات، ويعمل مع انعكاسات أخرى تنقل معلومات الحركة

البصرية على الشبكية وتأتى لتمتزج ببناءات العمود الفقرى والمخيخ بآلية تسمح بهذا الثبات الإدراكى الذى بدونه لا يمكننا أن ننتقل ونمسك بفريسه، أو أن نستمر فى تحليل العالم بينما ننتقل.

هذه الآلية بسيطة ومركبة فى آن واحد، أسماك الترس حينما تولد تعوم مثل كل الأسماك. ولكن بعد أسابيع قليلة تثبت فى رأسها فكرة أنه من الأفضل أن تتخفى عن القناص داخل الرمل، وتضع نفسها بشكل مفلطح داخل الرمل، فتصبح سمكاً مفلطحاً. المشكلة بالنسبة لها أن لها عيناً ناحية الرمل. نلاحظ هجرة هذه العين التى تأتى لتلحق بالأخرى. ويوجد بالتوازي إعادة تنظيم لدنة لكل التوصيلات وللتشريح المرتبط بهذا الانعكاس والمؤمن بتغيرات محاور الأعصاب وكذلك العصبونات التى تربط القنوات نصف الدائرية بالعين. توجد لدونة وظيفية ملفتة، كما نرى أيضاً لدى الإنسان مثلاً بعد الصدوع المخية أو بعد العمليات. وهذا يعتبر نموذجاً جميلاً لهذه المرونة التى لدى المخ، وهذه اللدونة مختلفة عن الأفكار التى كانت سائدة منذ سنوات قليلة عن الطبيعة التى لا تتبدل للتشريح العصبونى.

ولكن دراسة هذه الوظائف مركبة، وتتطلب تعاون كل من البيولوجيين وعلماء الرياضيات. وليس من البديهي القيام بالتوافق بين الثلاث قنوات نصف الدائرية الموجود فى ثلاثة أسطح، والتى تقيس الدورانات بواسطة ست عضلات للعين والعضلات الثلاثين للرأس أو المائة عضلة للجسم، مما يجعلنى أثبت نظرتى حتى وأنا أتحرك. يدرس علماء الرياضيات بفضل نماذج هندسية التحولات التى تسمح لهذه المعلومات الحسية للحركة أن تقدم من قبل الماسكات الدهليزية وأن تحول بامر حركى سوف يقود مثلاً عضلات الرقبة.

ولدينا مجموعة ثانية من الماسكات فى الأذن الداخلية الحسية الأذنوية *otolithes* وهذه الماسكات موجودة أيضاً فى تجويف فى الأذن الداخلية المملوء بنفس السائل السميك للغدد اللمفاوية. فى هذا التجوف يوجد قطع بالور معلق، ومربوط بأساس الأهداب الحسية. حينما ننتقل توجد حركة صغيرة (ناتجة عن قوى

القصور الذاتى) بين هذه البلورات التى تكون ثابتة خلال التنقلات الرأسية أو الأفقية أو التى على القاعدة. هذا التغير الصغير الذى كشفت عنه هذه الخلايا هو أصل إدراكنا للتنقل. وسرعات الحركة التى تقيسها الماسكات صغيرة جدا: بضعة أعشار من السنتيمترات من الثانية فى ثانية.

هذا الماسك يقيس النقلات والتعجيل الخطى، ولكنه يقيس أيضا الجاذبية الأرضية وهى مقياس فيزيقى كبير يعتبر سرعة خاصة. وقد بين أينشتاين Einstein أن الجاذبية، التى تعطيها الجاذبية الأرضية هى شكل خاص من التعجيل. وهذا الماسك قادر أيضا على قياس مكون الجاذبية فى السطح الماسك. إذا أحنيت رأسى، فإن الجاذبية تظل ثابتة فى الفراغ؛ فسوف تمارس بالتالى قوة على البلورات الموجودة فى ماسك الحصية الأذنية وهذه القوة مكافئة لعملية تعجيل. وإذا ما نقلت رأسى فى الاتجاه الآخر، فسوف يكون هناك أيضا تنبيه. هذا الماسك هو أيضا مقياس للانحناء. وهو مسئول عن جانب أكبر من قدرتنا على إدراك اتجاه جسمنا فى الفراغ بشكل سكونى.

ولكن هذه المعلومات غامضة: قديماً عندما كان يقلع الطيارون فى الضباب كان يمكنهم أن يفسروا انحناء الطائرة المقلعة على أنها تعجيل، ويكونون بذلك معلومة مغلوبة: وكان غالباً ما تحدث حوادث ناجمة عن هذا الغموض. هذه الماسكات تعمل بالتالى مع النظر لرفع هذا الغموض. الإدراك متعدد الأنماط، إنه يفترض تعاون الماسكات التى تساهم كل منها بهندستها وديناميكيتها فى إعطاء هيئة لإدراك الحركة.

ونحن نعرف أيضا أن عجز هذه الماسكات الدهليزية تؤدى لعدد كبير من الأمراض، مثل الدوار. لدى بعض الأشخاص عدم تماثل فى وضعية هذه الماسكات، ولديهم اضطرابات فى أوضاع الجسم واضطرابات فى العينين فى آن واحد، ولكن أيضا اضطرابات فى الإدراك. كل «التخطيط الجسمى» أى التمثيل الذى لدى مخنا عن تشريح وتنظيم جسمنا، يتغير عندما لا يعمل هذا الماسك الصغير أو يكون غير متماثل. وهو فى الأساس جزء كبير من وضوح العلاقات بين الجسم والفراغ.



هذه الماسكات الدهليزية مهمة أيضا لإتاحة استقرار النظرة؛ بالإضافة لمنعكس التحكم فى وضع العين والمنعكس الدهليزى - المحجرى فإن هذه الماسكات تنظم وتثبت وضع الجسم أثناء أداء الحركات، وتساعد على الاحتفاظ بالاتزان، ومن هنا جاء اسم أعضاء الاتزان الذى أعطى لها فى التراث العلمى القديم.

لقد نما المخ بالفعل حتى يمكنه أن يجرى، يمسك الكرة، ويتذكر الطرق، ويخطط الأفعال ويتوقع نوايا الآخرين ويستفيد من الخبرة ويقيم الخطر، إلخ. هذه القدرات تستلزم أن يكون البصر الذى يمسك بمعطيات العالم حولنا يمكن أن يعمل حتى بينما نحن نقوم بأداء حركات معقدة فى الفضاء.

جسم شخص ينزل السلم له حركات معقدة، ولكن رأسه لها هيئة مثبتة فى اتجاه ما تقوده النظرة. العداء الذى لديه حركات شديدة التعقيد له أثناء الجرى رأس مثبتة فى الفراغ مثل النعامة التى تجرى فى السهب. هذا الثابت يمكن أن يدرس الآن بطرق حديثة، وذلك باستخدام آلات تصوير رقمية مرتبطة بحاسوب تتيح لأول مرة دراسة حركة الجسم بكل تركيبها، مع قياس خواص السرعة لعدد كبير من النقاط. وآلات التصوير تتيح قياس حركات مسجل النقاط الذى يوضع فى نقاط مختلفة من الجسم وربط هذه القياسات بقياسات للنشاط العضلى، أو حتى لنشاط حركات العين. ومن الممكن دراسة هذه العلاقات بين الجسم والفراغ، خاصة هذا التثبيت للرأس. حينما أمشى أثبت نظرى فى مكان ما والرأس مثبتة. الحركة والجرى والقفز منظمون ليس من القدمين حتى الرأس ولكن ابتداء من الرأس حتى القدمين. تستخدم الرأس فى كل الحيوانات كمركز للقصور الذاتى للقيادة المثبت فى الفضاء، والذى بدءًا منه تتأزر حركة الجسم. هذه الخاصية تظهر خلال السنة الأولى حينما تنمى قدرة ترسيخ الحركات بدءًا من الرأس هذا الأساس المثبت. السالتو salto وجه يستخدمه الرياضيون على الترانبولين الذى يقتضى القفز وعمل رجوع، يوجد خلاله مرحلة ارتفاع ثم لف بمنتهى السرعة ثم وقوع: أثناء الالتفاف، الرأس لا تكون مثبتة، إنها تلف؛ ولكن أثناء الارتفاع والوقوع فإن الرأس تكون

مثبتة جيدًا جدًا في الفضاء مما يتيح للمخ استخدام معلومات النظر والماسكات الدهليزية وبناء وضوح لعملية إدراك الحركة، والتحكم في حركات الجسم.

يجب أن ننوه إلى الطبيعة غير المستمرة للإدراك. نحن نلتقط معلومات عن العالم بطريقة متقطعة، وخلال حركة ما يمكن أن نقلب من ماسك حسي إلى آخر أو نمزج الماسكات الحسية التي نستخدمها بطرق متباينة. يخطط المخ تتابعًا للحركات ولكن في نفس الوقت يخطط تشكيلات للماسكات الحسية التي تكون مفيدة.

يمكن أيضًا أن يتوقع المخ الرسائل التي يجب أن تعطى لها الماسكات إذا كانت الحركة مؤداة بطريقة صحيحة. المخ متوقع ومحاكي ومسبق.

يمكن للمخ خلال ارتفاع السالتو salto أن يستخدم معلومات النظر من ماسكات الجسم والمعلومات الدهليزية، ولكن أثناء الدوران، إنه غير وارد استخدام النظر: تتابع الصور على الشبكية سريع جدًا؛ ويحدث بسرعة عدة مئات من الدرجات في ثوان. وتوجد ثلاث مراحل: مرحلة ارتفاع سوف يقوم المخ خلالها بالتقييم لحركة ما، وتشغيل معلومات الماسكات لهذه الحركة؛ ثم فجأة في نفس الوقت الذي ينطلق فيه الدوران، فإن المخ سوف يختار ويقطع البصر، الذي لم يعد يفيد بشيء، وسوف يقلب على معلومات أخرى مثل المعلومة الدهليزية مثلاً. ثم، حينما يُعد السقوط فإن المخ سوف يعيد تنشيط وفتح، واختيار النظر ليتيح الاصطدام. إن إدراك الحركة ليس فقط تعاونًا بين الحواس المختلفة، ولكنه أيضًا اختيار. تبعًا للحركة المنوطة بها هذه الحواس وتبعًا للمرحلة من الحركة فإن الماسكات لن تكون هي نفسها. يمتلك المخ هذه القدرة على اختيار الماسكات الحسية، من لحظة لأخرى، التي سوف يختبرها تبعًا لتوقعاته لكي يعرف إذا ما كانت الأمور سوف تمضي مثلما يجب أن تمضي.

لدينا حاليًا إمكانيات دراسة هذه الآليات بفضل تكنولوجيات معقدة، مثل الإنسان الآلي المتحرك الذي يستخدم لدراسة الدورانات والنقلات ومزج قياس الدورانات والنقلات مع البصر. في معملنا في الكوليج دي فرانس إنسان آلي

متحرك يتحكم فيه الحاسوب يمكن أن ينتقل بطريقة سلبية عن طريق المجرب، أو قد يطلب من المفحوص الذى فرضنا عليه التتقل أن يكرر هذا التتقل. من الممكن هنا أن ندرس ليس فقط إدراك الحركة ولكن أيضا ذاكرة الحركة وذاكرة المسارات.

## الدونة

يمكن الآن بفضل الواقع الافتراضى أن نعطي لهؤلاء الأشخاص الذين نقوم بنقلهم فوق الإنسان الآلى مشاهد بصرية، وبالتالي الربط بين تنقلهم فى العالم الافتراضى وتنقل جسمهم فى العالم الحقيقى. وهذا يسمح مثلاً بدراسة قدرة المخ على الصراعات. حتى الآن، قلت لكم إن المخ يستخدم معلومات الماسكات الحسية بجعلها تتعاون. ولكن ماذا يحدث عندما يحدث صراع؟ حينما أضع مثلاً نظارات تكبير ١,٣ مرة، وأن هذه الآليات، التى تم تطويرها منذ بضع ملايين سنة والتى تضبط الرؤية مع الماسكات الدهليزية أو الماسكات العضلية، تم تضليلها فجأة، إذ بينما أنتقل فى العالم بنسبة ٣٠° فإن الرؤية تقول لى إننى أنتقل بنسبة ٤٠° لأننى أضع نظارات تكبير. يمكننا بفضل الحقيقة الافتراضية أن تفصل ما بين المعلومات البصرية والمعلومات الدهليزية، وقد وضعنا حديثاً مثلاً أن هناك فرقاً صغيراً بين الرجال والنساء فى قدرتهم على إعادة المعايرة لإدراكهم فى حالة الصراع.

إذا وضعنا المفحوصين على الإنسان الآلى وقمنا بتدوير جسمهم فى الفضاء ٩٠°، ولكن فى العالم الافتراضى جعلناهم يدورون ١٤٠° أو ١٥٠° لمدة ثلاثة أرباع ساعة، وإذا كنا قد قسمنا مسبقاً الإدراك الدهليزى للدورانات مع سؤال الأشخاص كل مرة عن القدر الذى داروا به فى رأيهم فإنهم يردون بامتياز بمساعدة المؤشر. ولكن بعد ٤٥ دقيقة من الصراع البصرى - الدهليزى، عندما نطلب من جديد من الأشخاص تقييم إدراكهم الدهليزى، فسنجد إعادة معايرة للإدراك الدهليزى، مختلفة لدى الرجل ولدى المرأة.

يمكن أيضا أن ندرس لدونة تنظيم كل هذه المنعكسات. نستطيع الآن بفضل الطرق العصبية الفسيولوجية، النظر إلى العصبونات التي تمزج المعلومات البصرية والمعلومات الدهليزية وتحديد مكان تشغيل هذه اللدونة. وإعادة الترتيبات اللدنة هذه في حالة الصراع تعمل على إدخال - في آن واحد - آليات عصبونية دقيقة جدا تنتج داخل مستوى بعض المشتبكات synapses في المخيخ وحيث الصدع فيها يمنعنا من التكيف، ولكن أيضا المخ قادر أمام صدع أو صراع أن ينتج حلاً جديدة وقادر على اختراع حركات وتعويض المنعكسات.

يوجد إذن تنظيم تراتبي في معالجة المعلومات الحسية، يسمح للمخ في حالة الصراع، أن يحل في آن واحد المشاكل الموضوعية ولكن أيضا بطريقة شاملة.

المعلومات الدهليزية، أو معلومات الحركة في الفراغ لا تعالج فقط موضعياً: إنها ترسل إلى اللحاء المخي cortex cerebral. استثارة غير سوية لهذا البناء تعطى أوهام الخروج من الجسد لدى المرضى الصرعيين. الأمر عبارة عن مركز في غاية الأهمية لتأمين وضوح إدراكنا. إن معلومات الحواس تُثقل للمخ بالفعل عن طريق بناءات مثل تلك، حيث تُخلط وتُمزج، حتى يمكننا ألا يكون لدينا سوى انطباع واحد، لحركة جسمنا في الفراغ، والصدوع في مناطق مختلفة من المخ تثير هذه الأوهام بتفكك أجزاء الجسم أو «وهم الخروج من الجسم».

هذه المعلومات عن حركة الجسم في الفراغ لا تذهب فقط في البناءات اللحائية المتضمنة في الإدراك وفي وعينا بجسمنا. فهذه المعلومات الدهليزية والبصرية والإدراكية عن الذات مثلاً تذهب لمكان من اللحاء يسمى اللحاء الجانبي. وصدع اللحاء الجانبي الأيمن يعطى زملة مرضية: «زملة الإهمال المكاني»؛ والأشخاص الذين لديهم هذا الصدع لن يقوموا برسم سوى نصف الشيء ولن يأكلوا سوى نصف طبق التوت ولن يلبسوا سوى نصف جسمهم. يوجد هنا بناء سوف يدير معلومات العلاقات بين الجسم والفراغ. والإهمال المكاني يمكن أيضا أن يلاحظ، مع أعراض مختلفة لدى الأشخاص المصابين بصدوع جبهية.

## ذاكرة الفضاء

هذه المعلومات تذهب بعيدًا في المخ: إنها تصل حتى «تكوين قرن آمون» الموجود في قاع المخ والمهم جدًا لذاكرة الفضاء. يمكنك أن تحدد مسارًا بطريقتين: بخريطة، باستحضار صورة هذه الخريطة، مثلما نقوم بالترتيب للإجازة: من الممكن أن تحل هذه المشكلة بمجرد تذكر صورة. هذا التذكر ينير المناطق البصرية التي تعالج هذه الصورة. من الممكن أن تحدد المسار أيضًا بأن تتذكر حركات جسمك: أنت عبرت البوابة، ثم ملت نحو اليمين: أنت جمعت هذه النقولات والدورانات مع علامات بصرية؛ وتعرفت على شخص أو درابزين،... إلخ. هذه الذاكرة الخاصة بالتنقلات والمسارات يستلزم أن يتم مزج ليس فقط معلومات الحركات المعطاة من الحواس وإنما أيضًا مَهديات وضوضاء وأحداث أخرى أو حتى فعل ما قد تكون أنت من قمت به. هذا البناء قرن آمون، الموضوع جيدًا داخل المخ، يعالج هذا النوع من المعلومات، يتلقى المعلومات ابتداءً من اللحاء وابتداءً من كل الحواس ومن بناءات المخ التي تعالج المعلومات الحسية.

وقرن آمون الموجود على المستوى التراتبي الأكثر ارتفاعًا في معالجة هذه المعلومات الحسية له خواص الذاكرة. مثلاً لو عبرت من شارع سان مارتن وداست على قدمك دراجة، في اليوم التالي، في لحظة عبور شارع سان مارتن ستستدعي ذكرى هذه الحادثة التي حدثت بالأمس. صدوع قرن آمون يجلب اضطرابات ذاكرة الفراغ، واضطرابات الإبحار.

نستطيع اليوم دراسة طريقة عمل هذا البناء بفضل تسجيل النشاط المخي بطرق تستخدم آلات التصوير التي تقوم بإصدار بوزيتون أو IRM الوظيفي، أو بتسجيل العصبونات في مخ الحيوانات. هذه العصبونات تشفر متغيرات مهمة لذاكرة الحركة والأماكن مثلاً. يمكن إذن إعادة بناء نشاط كل العصبونات واكتشاف أن في قرن آمون عصبونات تشفر الأماكن. في الليل حينما تبحث في العتمة عن مفتاح النور في حجرتك وأنت تعلم تمامًا أين أنت في كل لحظة في الحجرة، هذا يرجع غالبًا إلى ميكانيزمات تجد مصدرها في عمل هذه البناءات.

هناك تشفير آخر تتبأ به داروين Darwin: مجموعة أخرى من العصبونات تشفر الاتجاه وسوف تشحن فقط عندما أتجه فى اتجاه معين أيا ما كانت المنطقة التى أكون فيها. إنها بوصله حقيقية مجمعة.

المخ يعيد البناء بالتالى بدءًا من معلومات الحواس وانطلاقًا من تعاونها بعد حل صراعات متغيرات أساسية تسمح بالإبحار فى الفضاء مثل الدوران والاتجاه والمسافة والمكان. توجد عملية عقلية حقيقية لتبسيط تمثيل الفضاء. تسمح لنا بالإبحار والجري والفوز فى لعبة الراجبى،... إلخ.

هناك أخيرًا وظيفة أساسية: حركة النظرة. قبل أن يتمكن من التنزه فى العالم بسيقانه ينتزه الطفل بنظرته. النظرة توفر علينا الذهاب إلى مكان ما وأن نخطئ؛ إنها شكل أساسى من أشكال إبحارنا فى الفضاء. يمكننا أن نقيس انتقالات نظرتنا بأنظمة مثل الرسام الكهربائى لحركة العين، وهى أنظمة تستخدم المجالات المغناطيسية والحاسوبات. عندما ترى مشهدًا بصريًا فإن نظرتك تقفز من نقطة لأخرى. إننا لا ننزلق بالنظرة إراديًا. إنك لن تجعل نظرتك تنزلق إلا إذا نقلت مرمى أمامك: سوف تقوم بعمل حركة مستمرة، «المتابعة البصرية» التى نشأت متأخرًا لدى الإنسان والقروء العليا. لقد حقق رواد كبار مثل فرييه Ferrier وبنفيلد Penfield تجارب سمحت بتموضع فى المخ لبناءات مهمة للتحكم فى النظرة. ونحن نعرف منذ ذلك الوقت أن النظرة يتم التحكم فيها بطريقتين مهمين.

الطريق الأول ينقل المعلومات على النور عبر تيار يمر فوق الجذع المخى الذى يسمى الحصىة colliculus العليا؛ هذا البناء موجود لدى كل الحيوانات التى تتحرك، وهو يسمح بحركات التوجه والإمساك، عندما تظهر فريسة، أى هدف نراه بطرف أعيننا، ويجعلنا نتحرك بسرعة كبيرة جدا. أنه بفضل هذا التيار القصير يمكن للنظرة أن تتجه نحو هدف. يوجد طريق ثان كبير وأكثر تركيبًا، تطور خلال النوع، لدى الإنسان والحيوان، يبدأ من اللحاء البصرى متجهًا نحو اللحاء الجدارى، حيث تختلط المعلومات البصرية مع معلومات الجسم، ثم يتجه نحو اللحاء الجبهى،

أساسًا. وإنه بفضل تطور هذه البناءات يمكننا أن نقرر نحو ماذا ننظر. حينما ننظم نظرتك على هذه الصورة الشفافة فإنك تقوم بهذا تبعًا للأفكار والذاكرة والفضول، ولكنه بفضل هذا البناء الجبهى وقبل الجبهى يمكن أن ننظم النظرة ونتوقع بشكل ما أين سوف ننظر تبعًا لأهدافنا وأفعالنا.

فيما يتعلق بالطريق اللحاءى corticale، أتاح التصوير المخى للإنسان منذ بضع سنوات، التحديد بدرجة تأكد كبيرة للبناءات المسئولة عن حركات العيون. ونحن نعرف على سبيل المثال أنه إذا طلب منك أن تغمض عينيك وأن تحرك عينيك من اليسار إلى اليمين فإنك سوف تنشط ثلاث مناطق أساسية فى اللحاء: منطقة موجودة فى اللحاء الجبهى ومنطقة موجودة فى لحاء منتصف الظهر ومنطقة ثالثة موجودة فى بناء مسمى «اللحاء السنجولارى» cortex cingulaire. وحينما نقوم فقط بتخيل حركة، تنشط نفس البناءات التى تنشط حينما نقوم بتنفيذ هذه الحركة. المخ محاكى للأفعال. التفكير فى فعل ما هو فى الواقع تحريك نفس الآليات أو جزء من نفس الآليات التى تستخدم حينما نؤدى الفعل. ونحن نعرف أنه من الممكن بفضل وجود تراتبية عملية كف فى المخ يصبح ممكناً إغلاق محكم لإمكانية تنفيذ هذه الحركات.

### النموذج الداخلى والتوقع

يستخدم المخ معلومات الماسكات الحسية لبناء معنى الحركة الذى هو - إذن - خليط من المعلومات الحسية المختلفة. والمخ أيضا متنبئ، لنأخذ مثال الإمساك بكرة، كيف يمكن لبارتيس Barthès توقيف الكرات ؟ لقد حققنا تجربة، نابعة من بعض التجارب التى قام بها زملاؤنا فى إيطاليا، وقد أظهرت أننا إذا ألقينا الكرة لشخص ما فإنه لى يمسك بها بيده فإن المخ لا ينتظر إلى أن يلمس الشئ يده لى يتم الانقباض؛ المخ لا ينتظر أبدًا أن يتم تنشيط الحواس لى ينتج هو شيئًا. قبل ٣٠٠ مللى ثانية من لمس الكرة لليد ينتج المخ تقلصًا للعضلات يجعل الكرة لا

تقع. وهذا التقلص ليس ممكناً إلا بفضل وجود نماذج داخلية لأثر الجاذبية الأرضية على الأشياء. لن يكون معقولاً في الواقع أن نتصور أن المخ يمكنه أن ينتج، أيا ما كان الشيء، القوة المطلوبة تماماً إذا لم يكن في نفس وقت رؤيته للشيء، لا يبنى تقديراً وتوقعاً للقوة التي سوف تمارس. نحن نزن حالياً أن بالمخ نماذج داخلية لقوانين الميكانيكا تسمح له أن يستبق على أساس هذه القوانين.

لقد قمنا في العام الماضي بتنفيذ تجربة في المكوك الفضائي الأمريكي، قمنا خلالها بإلقاء كرات لرواد الفضاء، في الفضاء الذي لا يوجد به جاذبية أرضية.

الحركات لم تعد تتصارع ونحن نخضع هذه النماذج الداخلية. يوجد تغيير للنشاط العضلي يجعلنا نزن أن المخ يستخدم هذه النماذج.

فهم آليات التوقع في المخ مسئولية كبيرة للعلماء مثلاً. في الواقع حينما ننظر إلى وجه ما أو شكل ما فإننا لا نكتفى بتحليله والنظر إليه ولكننا نعكس على هذا الوجه أفكاراً جاهزة وذكريات، ولكن خاصية التوقع هذه، التي تعتبر أعجب خواص المخ، من الممكن أن يستخدمها المتلاعبون بالإدراك، الذين يمكنهم إدخال صور جاهزة عن الآخر في المخ، قد تثير الحقد والكاريكاتير بدلاً من إعطاء إدراك متسامح.



المراجع:

- BERTHOZ (A.), *Le Sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997.

## ضغط عصبى، تكيف، وتطور<sup>(١١)</sup>

بقلم: رولان جوفان

Roland JOUVENT

ترجمة: راوية صادق

أود أن أحدثكم عن فكرة العنوان "ضغط عصبى، تكيف، وتطور". المقصود أن ما نلاحظه كخلل نفسى - مرضى Psychopathologie هو المحصلة لتفاعل خاص بين خصائص أحد الأفراد والبيئة الموجودة فيها، أو لحادث غريب صاحبه اتباع توجيهات معينة بدلا من أخرى. ليس المقصود إذن توسيم نهائى، فطرى أو مكتسب داخل منظور بنيوى، يجعل المرض شيئا ثابتا، غير متغير لدى امرئ معين، قد تنتج جملة سلوكياته من هوية مرضية.

إن علم النفس المرضى للسلوكيات هو الخط المستمر من الطبيعى إلى المرضى والمستمر أيضا طوال الحياة، بين ما استطاع أحد الأفراد اكتسابه فى فترة مبكرة للغاية، والطريقة التى يثرى بها الوسط من قدراته الأولية أو، على النقيض، يؤدى إلى تصارع إرثه الحيوى.

تمكننا أربعة أمثلة متتالية من أن نرى كيف قدمت لنا الثورة الحديثة للمعارف، مثل مجمل علوم الأعصاب neuroscience فى آن، أدوات ونظريات جديدة لفهم أفضل لاضطرابات النمو والاضطرابات النفس - مرضية على نحو عام.

ظهر علم النفس الحيوى psychobiologie فى الستينيات، خلال عودة جاك جلوينسكى Jacques Glowinski من الولايات المتحدة، حيث بين مع جائزة نوبل أكسيلور Nobel Axelord، آلية عمل مضادات الاكتئاب. فى هذه الفترة، تمثلت

---

(١١) نص المحاضرة رقم ٣٩ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٨ فبراير ٢٠٠٠.

طريقة دراسة بيولوجيا خلايا أعصاب السلوكيات في الدخول في علاقة مباشرة مع إحدى طرق التعبير الخاصة بسلوك ما لدى الحيوان على نحو خاص، سواء كان مصابًا بخلل، أو تحت تأثير أحد العقاقير على المستوى الدماغي. منذ ذلك الحين، ظهر ما نسميه علوم الأعصاب الإدراكية المتصلة بثلاثة مستويات لا مستويين فحسب. فباختراق ما أطلق عليه اسم المستوى الإدراكي، مستوى المادة المفكرة، أصبح من الممكن ربط فعل خلوي على مستوى عَصَبِي، وفعل نفسي وتعبيرية سلوكية.

أمكن، إلى حد ما، تخطي الخلافات الثنائية السابقة التي أحالت تفسير اضطرابات السلوك أو الاضطرابات الذهنية إلى المستوى الدماغي أو المستوى الروحي. هناك إجماع على الاعتراف بأن الاضطرابات النفس - مرضى تعود إلى عناصر متعددة. يمكننا دراسة الطريقة التي يفكر بها ذهن ما، دون أن نقلص إطلاقاً التعبيرية النفسية أو السلوكية لأحد الأفراد في سبب دماغي، بحجة أننا ندرس توالد طرقه في التفكير. أن نصف، في نموذج يشبه تشغيل الكمبيوتر، إحدى طرق الحصول على إحدى الأفكار أو النوايا، أو تخطيط أحد المشروعات، ربط هذا التخطيط الخاص بأحد المشروعات بقدرات تخص الخلايا العصبية ودراسة الخروج السلوكي لهذا المشروع، لا يأتي من تناول يخص أسباب المرض؛ فهذا التناول لا يطمح إلى اختزال تفسير السلوكيات الإنسانية بعلم النفس الحيوي وحده.

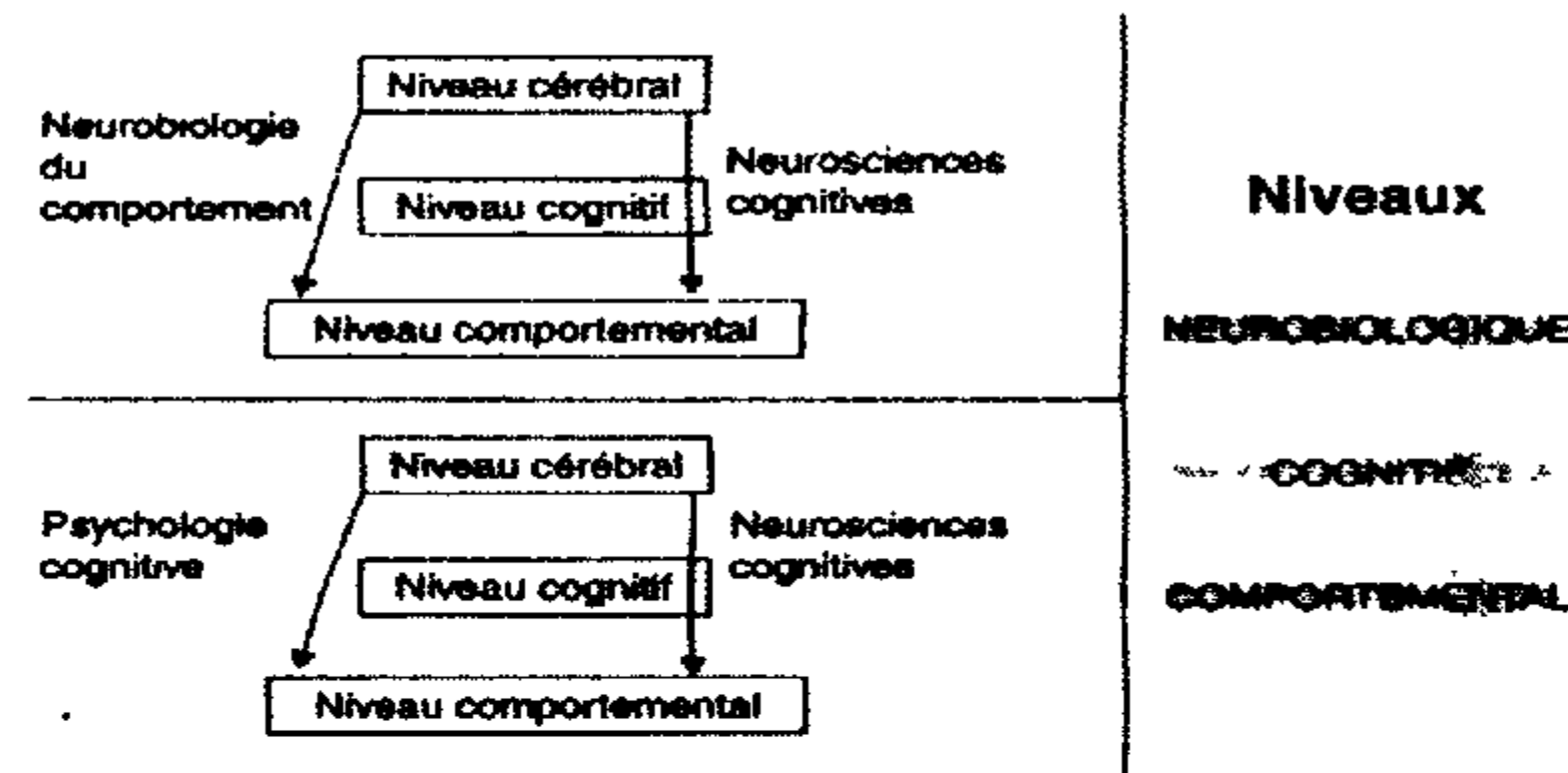


Figure 1 - Niveaux d'observation et niveaux théoriques (d'après Thibergien et Jeannerod).

## شكل (١)

مستويات الملاحظة ومستويات نظرية  
(وفقاً لتيبرجيان و جانيرود)

لدينا، إذن ثلاثة مستويات من الملاحظة: مستوى يتعلق بالخلايا العصبية الحيوية، ومستوى يسمى إدراكي ومستوى سلوكي. وبالانضمام على هذا النحو بمؤلفي بداية القرن، يمكننا الاهتمام بالطريقة التي يستخدم بها المرء وحده جهازه الحيوي والجسدي ليحفز نفسه، وليستخدم مصادر منبهة من البيئة، وليرشح في قلب هذه البيئة المصادر الكافية وغير المهمة للغاية في آن، لتصبح إدارتها ممكنة.



شكل (٢)

يساراً: العلاقات القشرية- تحت قشرية.

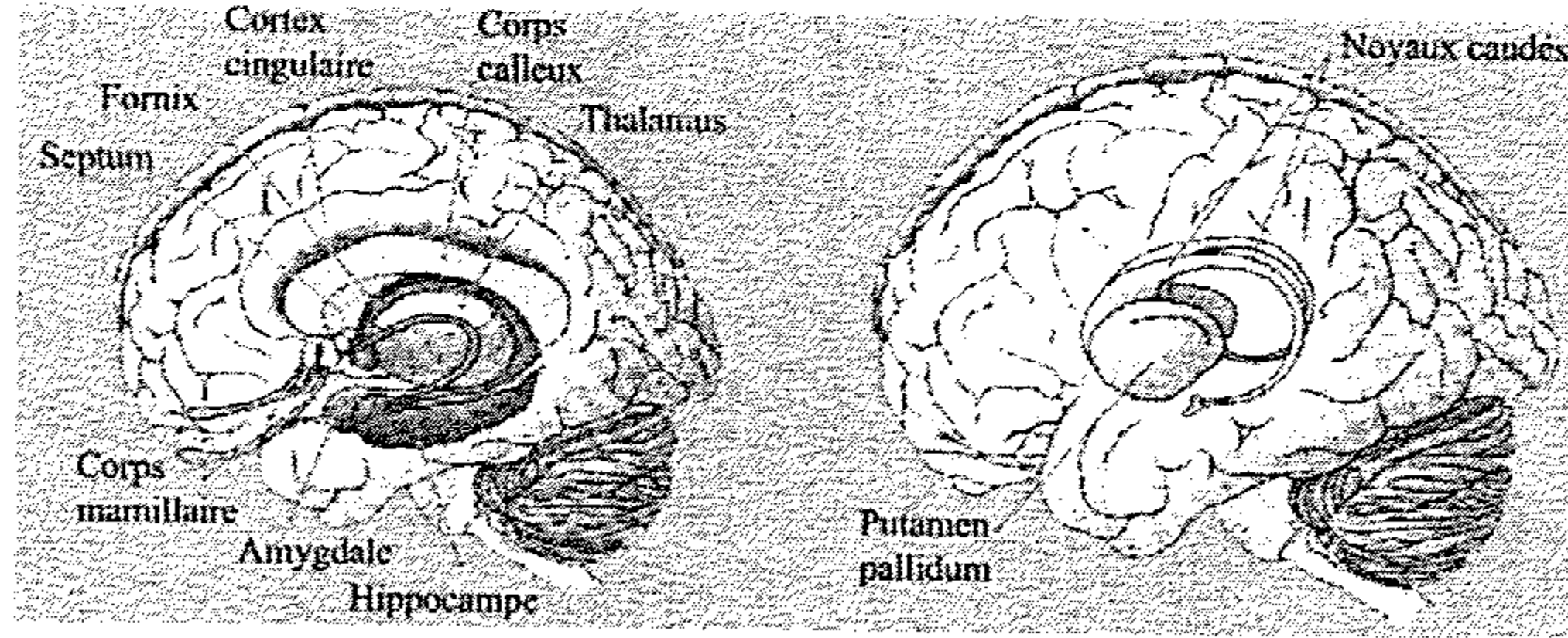
يميناً: السلسلة الخاصة بالإدراك-الحافزي.

ينجم الضغط العصبي من الأهمية القصوى للملهيات، بالنسبة للشخص الذي يفيض جهاز الترشيح الحسي والنفسي لديه بالبيئة التي تحيط به.

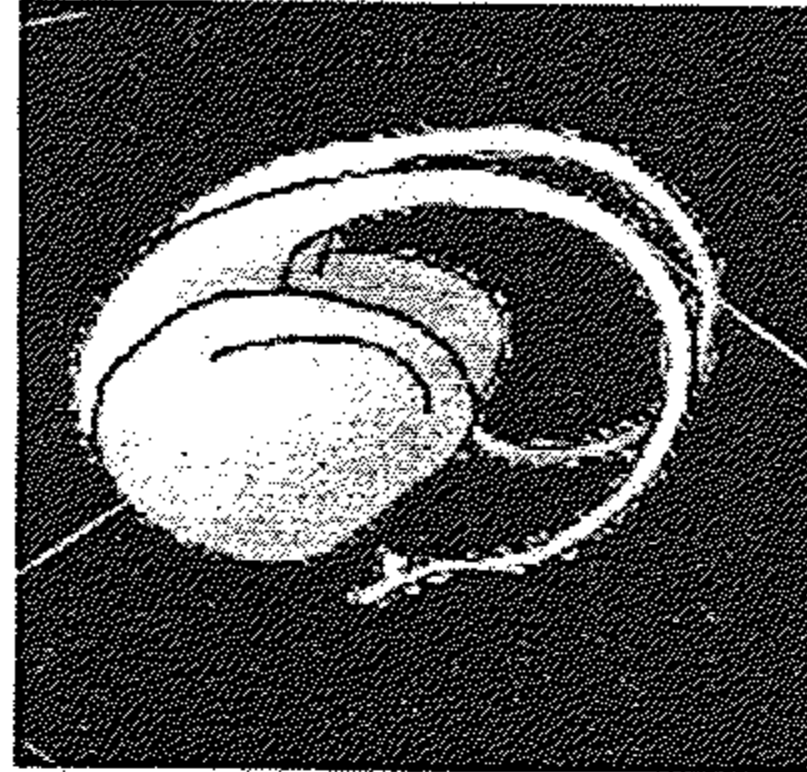
يتكون دماغ الإنسان من جزء قديم للغاية، بيّنه ماكلين على نحو جيد، إنه الحيوان فينا، الذي يحتوى في آن على النظام الحوفي Limbique أى الجهاز الانفعالي، والنويات الرمادية المركزية، أى محطة الفرز وتنظيم السلوكيات المحركة المعقدة، وفوقها كورتكس cortex، ينمو مع تتبع تكوّن الأنسال والتطور. ويوجد، مسبقاً، فيما نسميه الجهاز تحت القشري sous-cortical، كل التجهيزات في مادة المراكز المحركة والشبكات كي نجرب أحد الانفعالات وامتلاك تعبيرية انفعالية. وهكذا، فإن ضربة قائمة الحصان لغة انفعالية.

ما يحدث في الإنسان، بالنسبة للحصان، هو أنه يفكر، على نحو ما، فيما يفعله، سواء "لاحقاً" أو "مسبقاً" أو على نحو متزامن. فما يختبره على المستوى الانفعالي يحتاج باستمرار للضبط بالنسبة لسلوكياته تحت- القشرية. يمكننا رسم

تاريخ التطور، فيما وراء تاريخ النمو، باستعادة أفكار ماكلين MacLean، كى نقول إن تاريخ الإنسانية هو إحلال تدريجى لأفعال محرّكة، وسلوكيات اجتماعية، بتمثلات ذهنية. ولهذا فائدة اجتماعية واضحة ماذمت إذا كنت، على سبيل المثال، غاضبًا خلال ازدحام المرور من سائق عربية أخرى، أرى أن سبه يغنينى عن الاعتداء عليه جسديًا. بينما يجد الجرذ صعوبة أكبر فى عمل من هذا القبيل.



شكل (٣)  
النظام الحوفي



Obsessions  
complexes

Tics moteurs

شكل (٤)

TOC والنوايات الرمادية  
استحوايات مركبة عادات محرّكة

نلمس هنا مقدرة، وخاصية مميزة للكورتكس الإنسانى التى هى فضيلة كابنة تحت قشرية. إن تطوير الكورتكس هو إنن اكتساب المقدرة، الإضافية، لكبت ردود

فعل حيوانية، تحت - قشرية، تخص المهاد - البصرى thalamique، أى ردود فعل على نمط تولد فيه الحسية فوراً إجابة سلوكية أو انفعالية. لا يقال أبداً إنه فى كل مرة، كل فرد، كل طفل صغير يأتى للعالم يملك، دفعة واحدة، الأجهزة، أو الآثار أو الهاديات أو المرشحات الكافية، أو المرشحات المتوافقة مع البيئة، لاختيار استراتيجيات للإدارة، للكبت، لتمييز ما هو حكيم بالنسبة لمنشطات البيئة. نرى جيداً الآن إلى أى حد يكون نكوص بعض السلوكيات الخطرة، أو المخاطرة، لدى المراهقين، على سبيل المثال، هى تعبيرية بدون لغة مجازية، بدون تمثيل ذهنى، المقصود هنا بحث عن المنبهات من خلال السلوك نفسه.

هذا الحوار كورتكس/ تحت - كورتكس، الذى توافق الحلقات فيه هو أحد شروط الانضباط الذاتى الفيزيائى والعاطفى لدى الكائن البشرى، يتضمن اختلالاً زمنياً. لا يستطيع المرء عمل شىء كبير والتفكير فيه فى آن. فعندما نمارس التزلج بسرعة شديدة، لا نقول، فى نفس الوقت، "أشعر بلذة شديدة فى التزلج". نقول لأنفسنا بعد ذلك بثنائية "شعرت بلذة فى التزلج"، أو خلال لحظة قبلها نتوقع اللذة التى سنحصل عليه. وهكذا، فإن كل المواقف الخاصة بالمتعة الحادة تتضمن العجز عن الكلام عنها، وصياغة الأحاسيس التى نجر بها لحظة ظهورها فى كلمات.

ينبع كل تاريخ الطفل الذى سيتطور من هذه المشكلة، أى إدارة الزمنية وتخزين تجارب فى ذاكرته تمكنه - فيما بعد فى مواقف مماثلة تذكره على نحو إيجابى أو سلبى، ببيئة حسية، بمضمون خاص - من استخدام ذاكرته لإعادة قراءة ما جربه أو كى يتوقع ما هو قادر على البحث عنه.

### مثال أول: صراع حسى وحصر نفسى

لاحظ كثير من الكتاب أنه لدى الأفراد القلقين، سواء كانوا مرضى أو أفراد عاديين بملامح قلق، كان هناك مجموعة من الأعراض الحسية يستدعى أغلبها ما

نسميه الصراع الحسى. فعندما نكون فى قمة برج إفيل، نقول لنا العينان، اللتان تنظران إلى خط الأفق، إننا فى حالة ثبات، بينما مستقبلاتنا فى عضلتى الساقين الخلفيتين، اللذين، هما، يشعران بالتحرك الطفيف للجزء العلوى من برج إفيل، يقولان لنا إننا نتحرك. عندئذ، لا تصبح واقعة ضرورة إدارة الصراع بين نمطين من المعلومات المتعارضة التى تصل إلى الدماغ أحد الأسباب أو إحدى الآليات، وإنما أحد الأشياء التى تؤلف ما يحدث فى الرأس. ينبغى اختيار المعلومة الأكثر حكمة وينبغى، على نحو خاص، إضفاء معنى على أحاسيس تقول لنا الأحاسيس الأخرى إنها خاطئة.

هذه القدرة على إدارة شروط متناقضة للبيئة، على صعيد حسى هى التى تؤدى غالبًا إلى أن يساعدنا دماغنا، عمومًا، على التوافق مع أوضاع بيئية وحسية متنوعة للغاية. والقلقون، على النقيض، فقدوا هذه القدرة، إلى حد ما والمرجح أنهم، فى أنماط معينة من التجارب، يبينون هذا البعد الخاص بالتحت - القشرى، التحت - لغوى للقلق.

يتمثل عمل مجموعة جورج شابوييه **Georges Chapouthier** فى بيان كيف أن الجرذان قادرة على إدارة التوازن، من خلال جهازها البصرى- الدهليزى، واجتياز عارضة ثابتة أو متعاقبة. تستخدم الجرذان ذيلها كميزان للتوازن. نستخدم نوعين من الجرذان، واحدة معروفة بالقلق، فى اختبارات القلق، والأخرى لا. يؤدى تعاقب العارضة إلى توقع الجرذ القلق نحو العارضة وفقدان للقدرة على استخدام الذيل للتوازن. عندئذ، يزداد عدد السقطات بين الجرذان القلقة على نحو ملحوظ. والحق أن منح هذه الجرذان القلقة أحد مضادات القلق، مثل الـ"ديازيبام"، يكفى لاستعادة قدرات التوازن. إنها تقترب من العارضة بلا قدرة على أن تجوبها جيدًا إذا ما كانت فى تعاقب.

حاولنا، مع إيزابيل فيو - ديلمون **Isabelle Viaud-Delmon**، بالتعاون مع آلان بيرتوز **Alain Berthoz**، إعادة إنتاج هذا العمل لدى الإنسان، ولدى الإنسان الذى يتمتع بصحة جيدة وسمات قلقة. نشأ صراع حسى عند وضع أحد الأفراد

على مقعد مريح دوار مع الخوذة الخاصة بالواقع الافتراضي على العينين، ليخضع لصراع حسي دون أن يدري. عثرنا على خصائص تميز القلق، مع أول علم نفس تفاضلي، بين عامي ١٩٤٠ - ١٩٥٠، تحت تأثير الأوروبيين ولا سيما في فرنسا مع موريس روشلان **Maurice Reuchlin**، تمثل في وصف خصائص أفراد. لم يستوح علماء نفس هذه الفترة بيولوجيا الأعصاب، وإنما بحثوا عن أكثر الشروط طبيعية ومعيارية، فكانت السمات التي ميزوها بصفات خاصة هي سمات في حالة راحة معيارية للغاية. يتضح أنه في واقع الأمر، لاسيما إذا أردنا دراسة القابلية للجروحية سواء بالنسبة لاضطرابات النمو أو لعلم النفس المرضى فمن الأفضل اختبار ظهور سمات مناسبة بدلا من وجود سمات تلقائية. بعبارة أخرى، فحقيقة أننا منغلقيين أو منبسطين في مضمون محايد ليست، في الختام مثمرة كثيرا من أجل فهم أو توقع أحد السلوكيات، أو العجز عن التكيف. وبالمقابل، يبدو أن إظهار مهارة أو عدم مهارة معينة في وضع خاص أكثر إثارة للاهتمام، مثل أن نجعل أحد الأشخاص يستمتع لضجيج مستمر، أو نضعه في ظرف صراع حسي مثلما رأينا من قبل. سمينا هذا الأمر سمة وظيفية.

### مثال ثان: الأفراد الـ "أنيدونيين" *anhedonique*

إن الأفراد الأنيدونيين الطبيعيين يتميزون بصعوبة الشعور باللذة، في مواقف ممتعة عادة. لقد بيننا في معملنا أن هؤلاء الأشخاص الأنيدونيين يكشفون عن خلل إدراكي فقط في مواقف تكون المهمة الإدراكية المطلوب تنفيذها صعبة، وليس في شرط بسيط. بعبارة أخرى، لا تُظهر تجربة نفسية بسيطة مثل زمن رد الفعل أي شيء بالنسبة لعمليات سيطرة، بينما نستطيع إظهار خصائص معينة خلال تجارب صعبة.

لقد أمكن توضيح، اعتبارًا من خرائطية دماغية في حالة كمون مذكور، أن "أفراد السيطرة" لا يختلفون عن "الأفراد الأنيدونيين" في الشرط البسيط، بينما في ظل شرط "مضاعف 3 الذي يستدل عليه"، نرى ظهور خلل، والحالة هذه لاتساع



الموجة P300، لعمل الخلية العصبية الخلفية للمخ لدى الأنيدونيين. هذا الملمح الأنيدوني الذي هو ملمح معروف باعتباره عاملاً للقابلية للجروحية بالنسبة للإحباط على سبيل المثال، يمكن أن يكشف لدى الأفراد الأصحاء، طلبة من جميع التخصصات في أحد المدرجات، عن خلل في ظل شروط صعبة. إن القابلية للجروحية إزاء الإحباط هي ربما بالأحرى قابلية للجروحية إزاء بذل مجهود، انفعالي و/ أو إدراكي، أي مواجهة وضع معقد. وهكذا فمن المنطقي إلى حد بعيد الاعتقاد بأن المستقبل سيدعونا إلى تعجيل البحث عن سمات في ظل موقف، قابلية للجروحية في ظل موقف، بدلاً من قابلية للجروحية دائمة، في راحة.

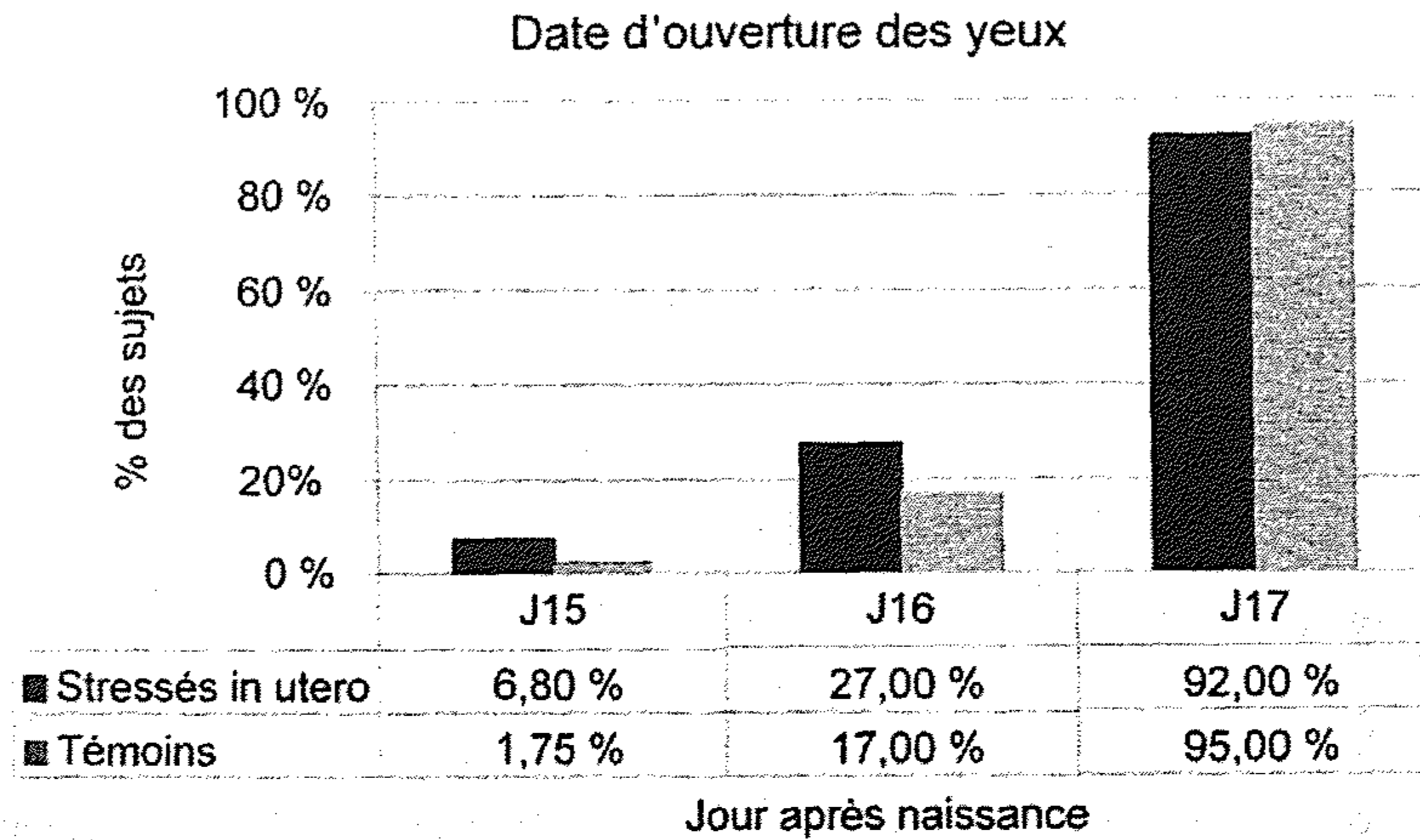
### مثال ثالث: العلاقات كورتيكس/ تحت الكورتيكس، الاستحواذات، والاضطرابات الاستحواذية القسرية

طور فريق جوديت رابابور Judith Rapaport هذه الأعمال على نحو خاص، فعثر على شيء مدهش تماماً. إن الذين لديهم استحواذات وإكراهات، تتسم بتحول غذائي قشري تحتى، وسير فوقى على مستوى النوات الرمادية، الأمامية إذا كانت عادات محرّكة على نحو خاص، أو الخلفية إذا كانت استحواذات معقدة. بعبارة أخرى، فإن من لديه اضطرابات استحواذية قسرية أو حصر نفسى استحواذى لديه سير وظائفى قشري تحتى وسير وظائفى فوقى تحت قشري. فالقشرة والفكر في راحة، وتحتهما تسير المسائل بسرعة شديدة. تم مراجعة هذه المعلومة في المصورات المتجانسة الدماغية. الأفراد الذين تمت معالجتهم سواء بالعلاجات الإدراكية، أو بكوابت تلتقط السيروتين، وكانوا - وهذا ليس الحال دائماً، عرضة لتحسن سريري - استعادوا توازناً قشرياً/ تحت - قشري، بينما كانوا سابقاً في وضع لم يكن فيه الاحتدام تحت - القشري معوضاً بقدرة القشرة على الكبت.

من هنا جاءت فكرة أن جزءاً من الأعراض المرضية النفسية للمنحصر ليست بالضرورة أصل السلوك الخاص بطقوس الاغتسال، أو الإكراه. سأقترح

فكرة وجود ظروف يكون فيها الرهاب من المحرضات النفسية، فالخوف من الإصابة بحالة قسرية يعكس تكيف مع تهيج تحت- قشري. وهكذا، "أن أخشى حك نفسي أمامك" ربما يكون أفضل وسيلة كي لا أحك نفسي أمامك. التفكير هنا ثانوي بالنسبة للفعل ويلعب دورًا تكيفيًا. أن نخشى الإصابة بحالة قسرية ربما يكون محاولة ثانوية من الذهن لاستعادة السيطرة على سلوكيات قديمة، ما تحت - قشرية، كانت قد تحررت خلال الاضطراب.

ربطت جوديت رابابور نتائجها بما وصفه "بيشو" Pichot مع الأطباء البيطريين، بالتهاب الأدمة الشرس لدى الكلب. فالكلاب، في ظرف الانفصال، يسقط شعرها من خلال الحك حتى يسيل الدم، فإذا أعطيناها مضادات للاكتئاب، يشفون من هذا النشاط القسري الخاص بالحك. سبق لـ بيشو القول، منذ أربعين عامًا، إن مضادات الاكتئاب علاج جيد للإكراه لدى الكلب، بينما لم يكن معروفًا في هذه الفترة أن الدوائر التي تؤثر على المستقبلات بطريقة السيروتونين متورطة في هذا التوازن القشري/ما تحت القشري.



شكل (٥)

ضغط عصبي ما قبل ميلادي ونضج النظام العصبي

يمكننا، من داخل منظور يندمج فيه تطور الكائن القرد مع مبحث تكون الأنسال، قبول فكرة أن الإنسان المستحوذ يتراجع، بعض الشيء على نحو "جاكسوني" (نسبة إلى جاكسون Jackson) نحو سلوكيات قديمة، هي سلوكيات بسيطة للغاية، عادات عصبية، أشياء قسرية، قُمعت على نحو طبيعي من خلال تطور القشرة والتفكير. من وجهة النظر هذه، فإن كل عمل نفسي قد يكون تكيف لشيء ينمو داخلنا، لحيوان مستحوذ، لحيوان مُكره. فالاستحواذ على هذا النحو هو استرجاع لهذه السلوكيات. ومن ناحية أخرى، قد يكون كل عمل علاجي نفسي يطور النشاط الجسدي وسيلة غير مباشرة (سواء كانت علاجات تحليل نفسي أو علاجات إدراكية)، لمساعدة الفرد على أن يقمع سلوكياته تحت-القشرية على نحو أفضل.

إن مصطلح التطور غير خاطئ، ولا الخاص بالتكيف أيضاً، بل ربما يمكننا قول نشوء/ تطور. نستطيع، دون الإفراط مرة أخرى رغم هذا في الجاكسونية، التساؤل حول حقيقة أن عدداً من السلوكيات المرضية، التي نسميها سلوكيات لنقص في العملية الذهنية، هي سلوكيات لم يتم التفكير فيها. فالشخص الذي يتمتع بسلوك طائش استحواذي لا يعنى أنه يمتلك فكرة طائشة أو فكرة استحواذية، ربما يكون العكس. ينبغي إعادة التفكير في أن الفكر هو المتصدر بالنسبة للفعل؛ فالأقرب للتصديق هو وجود دورة دائمة بين ما نشعر به ويجعلنا نفكر فيما انتهينا من عمله، وما نتوقع أننا سنفعله... إلخ.

هذه الحلقات مشوشة في أغلب الأحيان. ينبغي التوقف حقا لحظة لدراستها، لكننا غالباً ما كنا جميعاً متأثرين بشيء خاص بالسببية على نحو مبالغ فيه، بطرح دائماً أولية الفكر بالنسبة للسلوك. فمشروع الفكر هو شيء يقود أفعالنا. وقد بين فريق جانيرو Jeannerod جيداً أنه "عندما أتخيل حركة" أو عندما "أقوم بها فعلاً" يتم تنشيط نفس المناطق القشرية. ثمة إذن معادلة بين مصطلحات التنشيط الدماغى. كلما تحسن الأمر عموماً، حسبما يبدو، كلما رأينا أفكارنا تتحاور على نحو متفاوت، وثمة لعب بين الفكر والفعل المحرك، ومن هذا اللعب تولد تنوعات

عديدة ودرجات من السلوكيات، يمكننا جمعها في إطار التفاعل الإنسان المتبادل. يصبح التبادل الاجتماعي والعاطفي من هذا المنظور شيئاً شديداً التعقيد مع تناقص فيزيولوجي نسبي بالتبادل، حيث يمكن للفكر أن يتصنع أحد الأفعال، وتحل الاستعارة محل أحد السلوكيات... إلخ.

إن الرسائل الإيمائية - التي يكاد ينعدم التنبه فيها خلال التبادل بين الأفراد، ومن ثم غالباً، في الواقع، تحت - قشرية - علامات مهمة. فإذا كنا لا نشعر بالراحة على الإطلاق في وجود شخص يعاني من الانفصام على سبيل المثال، فذلك لأننا لا نعرف كيفية فك الشفرات الإيمائية التي تخصه هو.

#### المثال الرابع: الضغط العصبي الخفيف المزمن والتطور

تستند فكرة الضغط العصبي الخفيف المزمن على ترجيح عدم توقع مسببات الضغط العصبي لتتووعها، لا شدته بالأحرى. ربما لا تكون شدة الضغوط هي الشيء العصي في الحياة اليومية، وإنما طابعها غير المنتظم، غير المتوقع، وتنوعه. إذا استطعنا التحول لآلة والتنبوء بطريقة منتظمة بظهور أحد الضغوط العصبية سننفذ استراتيجية تجعلنا قادرين على ترشيح الصوت المبالغ فيه، على سبيل المثال، بتوقعه، فلا يرهقنا الصوت أبداً. فمشكلتنا، نحن البشر، هي إدارة غير المتوقع.

بينت أعمال مجموعة شارل كوهين - سالمون Charles Cohen-Salmon أنه إذا أخضعنا جرذان خلال ٣٠ يوماً لأحداث ضاغطة غير ضارة، صغيرة، مثل أن نميل القفص في أحد الأيام، نرطب الفراش قليلاً يوماً آخر، نغير ساعة الإضاءة... إلخ، كل هذا بدون عنف، يمكننا إحداث خلل في ذرة الجرذان، إلى حد التعديل الخطير في وظائفها الحيوية وكأن لديها لوحة إحباط أو تلف دماغي ملحوظ.

تم تطبيق نفس التناول للضغط العصبى الخفيف المزمن على الضغط العصبى الحملى لدراسة مظاهر تسلسل السلالة، أى ما الذى كانت عليه نتائج الضغط العصبى خلال الحمل. هذه الضغوط العصبية خفيفة للغاية، وغير ضارة. وليس المقصود الصدمات الكهربائية أو العدوانيات إزاء الجرذان وإنما تعديلات طفيفة تثير الضيق وتخلق شعورًا بعدم التوقع، وعدم الراحة المرتبطين بتغيرات غير متوقعة. فإذا نظرنا إلى تاريخ فتح العينين، الذى يعتبر انعكاسًا لنضج النظام العصبى لدى الصغار، نلاحظ أنه على نحو يكاد يكون مفارقًا، يتسارع لدى الأمهات المضغوطات عصبيا. هل هو أمر جيد فى الحياة، أن يكون لدى المرء أم مضغوطة عصبيا وأقل قدرة على الحماية، فنستيقظ على نحو أسرع على العالم؟ إنه سؤال لم يُحل، لكنه يقترب عمومًا من تساؤلات ممارسى التحليل النفسى للأطفال وأطباء الأمراض العصبية والنفسية للأطفال.

مثلما رأينا، نستفيد الآن من تخيل تجارب السلوك، والتفسير النفسى والإدراكى للاضطرابات العقلية، فى صيغة النمو، بإعادة إدخال السنية تعاقبية وما هو على سعيد الديناميكى فى آن. فعلم الأحياء، الذى هو أكثر العلوم وظائفية، وحيوية، الذى لا يُجمد النظم، ويتحدث عن السلوك، الضبط، النمو، ويقبل أن تتحرك الأشياء، أثر غالبًا فى التحليل النفسى الذى كان قد أصبح بنويًا بعض الشيء. هذا هو تحدى القرن المقبل، فى المستقبل. لم يعد ينبغى أن نرى التحليل النفسى والتحليل النفسى التجريبي، سواء ما يخص الطبيعى أو المرضى، داخل حدود ملامح ثابتة، وإنما سياق قدرة الصيرورة، والتنبؤ بأحد السلوكيات، والقدرة أو عدم القدرة على التكيف.

يمكننا القول تمامًا إن حبيب أمه، الذى هو ابن سيدة حارسة لبرج من عشرين دورًا - أى محفّز على نحو مفرط، مثل صغار الجرذان عندما تفتح عيونها- سيصبح باحثًا عن المثيرات. قد يقول المحللون النفسيون إن الأم لا تلعب دور "مانع - إثارة"؛ ينبغى أن يتمكن الطفل من حماية نفسه أحيانًا وألا يكون منبهًا

طوال الوقت. وإلا سينمو بسرعة مفرطة ويصبح شهوانيا إزاء المثيرات. هذا الطبع الخاص بالبحث عن الأحاسيس قد يجعله صحفيا، رجل علم، مقاتل أو مدمن مخدرات سامة. نفس الخاصية النفسحيوية يمكنها أن تكون مؤهلا للنجاح، إذا ما وجهت جيدا، أو على النقيض عامل قابلية للجروحية لعلم النفس المرضى.

تنطفئ الثنائية، أو يكون في راحة على أية حال، وعلم تحسين الأنسال أيضا، فيما يخص علم أحياء السمات. ما سيأتى هو فكرة أن مصير نفس الخصائص البيولوجية يعتمد على المحيط الأمومي، البيئة الخاصة بالبدائل الخاصة بالوالدين، والبيئة الشاملة، وهذا على امتداد النشوء. وقد يبدو قابلا للتصديق أنه حتى لو كانت الخريطة الجينومية génomique الكلية تسمح بالتنبؤ بـكوارث إذا كانت هناك أمراض وراثية يتعذر تغييرها، فالتنبؤ الجينومي لملامح اليوم الأول من الحياة يظل مستحيلا. إنها من مهارات المرء، لأننا سنكون قد استطعنا أن نهياها له، أن "يضبط موجته" على البيئة وفقا لإرثه الحيوى الخاص به، الذى يعتمد عليه مصيره، سعادته وتكيفه.



**إدمان المخدرات السامة<sup>(١٢)</sup>**  
**هوية ركائز بيولوجيا الأعصاب**  
**والاستراتيجيات العلاجية المساعدة على الامتناع**  
**بقلم: برنار روك**  
**Bernard ROQUES**

ترجمة: راوية صادق

يختلط تاريخ استهلاك المواد القادرة على تعديل حالات الوعي إلى هذا الحد أو ذاك من الشدة بتاريخ الإنسانية. إنها حالة الأفيون المستخلص من الخشخاش الذى تمتدح فضائله المهدئة منذ أقدم العصور، والقنب الهندي فى الهند وفى الشرق الأوسط، أو أوراق الكوكا التى يستخدمها سكان الهضاب المرتفعة فى أمريكا الجنوبية. وبعد فترة وجيزة، استهلك الإنسان مشروبات مضاف إليها الكحول تعلم الحصول عليها بتخمّر مواد نباتية متنوعة (فواكه، حبوب...). والقاسم المشترك بين كل المواد هو أنها تؤدى إلى الإحساس باللذة، بالغبطة وبكف يُسهل على هذا النحو الاتصال بين الأفراد. إنه طقس خاص بالأعياد صاحبه ولا يزال، فى عديد من الدول، استهلاك المخدرات. والممارسات الجماعية لاستهلاك "المخدرات المخلّقة" ecstasy فى "حفلات الهذيان" هى مثال حديث على هذا النمط الطقسى.

يمكن لاستهلاك المواد المنشطة نفسيا الإجابة على أهداف متنوعة للغاية: محاولة الهرب من اليومى الذى يُحكم عليه بأنه لا يحتمل أو على النقيض، محاولة للتغلب على عدم تكيف نفسى يخص عملية الاتصال أو تهدئة عذاب نفسى ورغبة

---

(١٢) نص المحاضرة رقم ٤٠ التى أُلقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٩ فبراير ٢٠٠٠.



فى خرق المحظورات بالتمرد أو الرغبة فى المخاطرة، إلخ. يمكننا مضاعفة أسباب "اللجوء" إلى علم النفس العقائرى، والمفهوم الموحد لهذه الاستهلاكات هو البحث عن اللذة، على الأقل فى البداية. فى هذه المرحلة، يكون من الضرورى، إدراك الفرق بين التعاطى الذى يتضمن السيطرة على استهلاك المنتج ويؤدى إلى تعديلات نفسية قليلة، وممارسات خاصة بالإفراط فى التعاطى، تظل حيثياتها المرضية قابلة للسيطرة عليها، لكن يمكن أن تقود إلى حالة من التبعية. وهذه تتميز بالاحتياج القهرى للمنتج، رغم معرفة المستهلك بالآثار المشؤمة التى ستحدث له بالنسبة لصحته وحياته الاجتماعية.

ينبغى الحديث عن المخدرات فى هذه الشروط، بالمعنى الذى يولد لدى مدمن المخدرات السامة فقدان السيطرة وانطباع ذاتى بخضوع للمنتج لا يمكن التغلب عليه. هذه التبعية أو الإدمان ليست فقط بسبب استهلاك مادة كيميائية، مادام يمكننا العثور على "إدمان للمواد السامة المخدرة بدون منتج" مثل الممارسة المرضية للعب، السلوكيات الغذائية مثل الشراهة أو نقيضها، السلوكيات الجنسية الاستلابية... إلخ. فكل أشكال الإدمان هذه تتصف بسلوك قهرى يدور حول البحث عن مادة هذه التبعية dépendance.

وللتحذير من هذه المخاطر، تم تصنيف هذه المواد التى قد تؤدى إلى الإفراط فى التعاطى إلى فئتين : المخدرات المسماة "شديدة"، المحظور استخدامها وحيازتها (هيرويين، كوكايين، قنب...)، بالتعارض مع المباحة (الكحول، التبغ، المنبهات النفسية)، التى كان استهلاكها يعتبر أقل خطورة. وكما سنرى، هذا التصنيف مغلوط<sup>1</sup>. فلا تنحصر خطورة التبغ والكحول فقط فى حدود المخاطر الفردية، فخطورة الكحول بالنسبة للآخرين معروفة جيداً.

حاولت أعمال عديدة للغاية، تتبع على نحو خاص من علماء الاجتماع وأطباء الأمراض النفسية والعقلية تفسير الزيادة الضخمة فى استهلاك المخدرات فى المجتمعات الحديثة. لسنا بصدد التوسع فى هذا الموضوع. لنسجل رغم هذا

أنه، بالإضافة إلى مشاكل الاضطرابات والأمراض المتعددة (comorbidité) (وجود داء ذهني غامض) التي نقابلها على نحو متواتر لدى مدمني المخدرات السامة، وسنعاود الحديث عنها، فإن صعوبة الاندماج في مجتمع موجّه تمامًا نحو إشباع اجتماعي نرجسي، يكاد يستحيل مواجهته بالنسبة لعدد كبير من الأفراد، ضخم لدى عدد منهم فقدان احترام الذات، وحبذ عملية التهميش، والوحدة، والعوز الأخلاقي، وفي الختام، اللجوء إلى المخدرات.

ينبغي أن نضيف أن الشباب، المعارض على نحو تقليدي للقيم الاجتماعية للمرحلة، فقد عدة علامات أخلاقية (الغيرية altruisme، التضامن، الطوباوية...). ويشكل استهلاك المخدرات حاليًا جزءًا من الطقوس التي يبحث من خلالها عن هويته طالما لا يجد معنى لأنماط المجتمع المقترح عليه.

### تعاطي، إفراط في التعاطي وتبعية

يستطيع كثير من الناس، على عكس ما يسود الاعتقاد غالبًا، إدارة استهلاكهم من المواد الخطرة من حيث الإفراط في التعاطي، سواء كانت مباحة أو محظورة (القنب الهندي). وهذا يتضمن ضرورة عدم الخلط بين الإفراط في التعاطي والتبعية، والاستهلاك الترفيهي للمواد المنشطة نفسيًا. فالاستهلاك الاحتفالي بالمخدرات كان وسيظل موجودًا دائمًا.

الفكرة الأخرى المسلّم بها هي أن المخدرات مواد آلية عملها غامض وينبع من الشعوذة أكثر من علم الصيدلة. والواقع أن المخدرات تعمل بالضبط مثل الرسائل الداخلية الموجودة في الدماغ، التي تضمن عمله السليم. الرسائل القادمة من الجهاز نفسه أو المخدرات المستهلكة تثبت على نفس الهدف، الاختلاف هو أن المخدرات تحفز أهداف المتقبلين (عضو الحس) على نحو مفرط وكلّي الحضور، أي حتى حيث لا ضرورة لذلك. فلنأخذ حالة الهيرويين. المقصود، في واقع الأمر، أحد مشتقات المورفين الذي، عبر تحول كيميائي بسيط، يكتسب خاصية التغلغل في

الدماغ على نحو أسرع حيث يمكن من توليد المورفين مرة أخرى. وهذا المورفين ينبه متقبلين موجودين في مناطق النخاع الشوكي ثم الدماغ حيث يُمارس السيطرة على الألم، ولكن أيضا تلك التي تنتج إحساسًا بالغبطة. وعلى هذا النحو، تولد هذه الإجابات من خلال مورفين داخلي يسمى "أنكيفالين"، لكن بكثافة أقل بداهة.

جدير بالملاحظة أن أغلب المخدرات استُخدمت ولا زالت تُستخدم دائماً، بالنسبة لبعضها، من أجل غايات علاجية. والمورفين هو أقوى المسكنات الحالية. ولا ينبغي إيقاف استخدامه الذي لا يزال ضعيفاً للغاية في بلادنا. ينبغي على النقيض تدعيمه، فلو وصفت المواد التي تحتوي على الأفيون بشكل متقن، تكون ذات خطر ضعيف للغاية فيما يتعلق بإدمان المخدرات السامة. وهذا يثبت فضلا عن ذلك، أن خطر الإفراط في الاستهلاك الذي يليه تبعية محتملة، لا يعود للمنتج فحسب، وإنما أيضا لحالة المستهلك الانفعالية ولضرورة معاودة الشعور باللذة والسكينة التي يجد نفسه فيها مع المخدر، وتسمح له بالتغلب على حصره النفسي. إنه، وفقا لـ س. أوليفنسستين C.Olievenstein، لقاء أحد المنتجات وإحدى الشخصيات وإحدى اللحظات الاجتماعية - الثقافية.

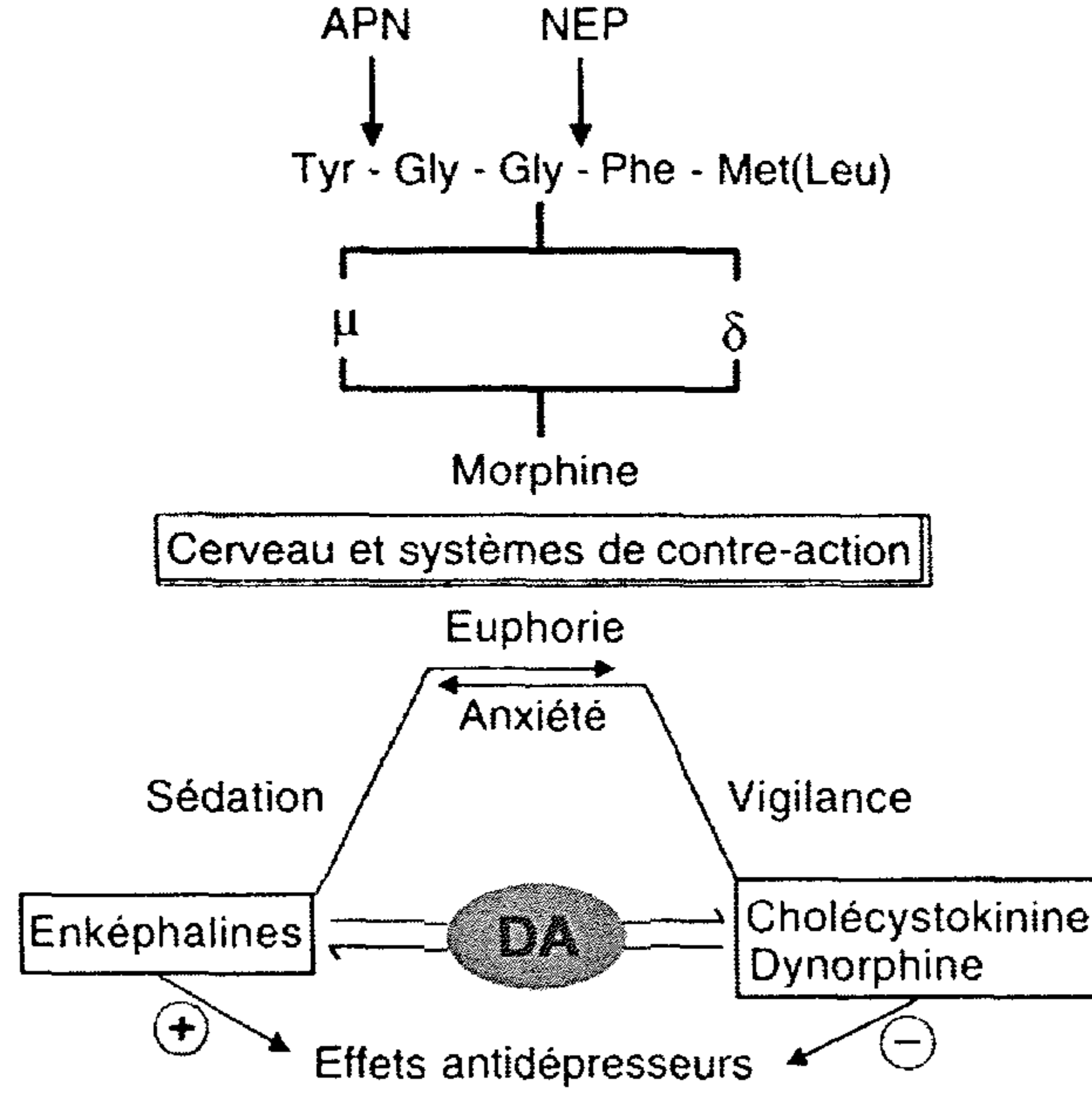
### الطابع المبكر للإفراط في التعاطي

#### ومخاطر الإدمان

نلاحظ أن استهلاك عدد معين من المخدرات على نحو مبكر يتزايد أكثر فأكثر، وهو أمر مثير للقلق. والواقع أنه كلما كان التعرض للمخدرات مبكراً، كلما تدخلت التبعية بسرعة وكلما أصبح التخلص من المخدرات السامة أصعب. ووفقاً لمقياس "صحة - شباب" santé - jeunesse، يستهلك ثلث تلاميذ المدارس القنب الهندي. وهذا الرقم يظل ثابتاً. واستهلاك الكوكايين يتزايد بينما ينخفض، في المقابل، بالنسبة للهرويين. والمخدرات المخلة وكل المنبهات النفسية في حالة زيادة. واستهلاك الشباب للكحول في تزايد خطير إلى حد بعيد. ٢١% منهم مستهلكون منتظمون، مثلما هو الحال بالنسبة للتبغ، لاسيما لدى الفتيات ٢. ومن

ناحية أخرى، فإن الاستهلاك المتعدد أصبح عادياً (كحول + قنب هندی، منبهات نفسية + كحول... إلخ).

القاسم المشترك بين كل المخدرات هو قدرتها على توليد الإحساس باللذة من خلال آلية جزيئية معروفة جيداً من الآن فصاعداً. لا ينبغي الخلط بين الاستهلاك الترفيهي، والاحتفالي، أي الذي نمارسه على نحو عادي مع النبيذ على سبيل المثال، والذي يتمثل في احتساء كوب أو اثنين، والإسراف في التعاطي. فهذا يغير سلوكنا الذي يمكن أن يصبح خطراً خلال قيادة السيارة على سبيل المثال. وأخيراً يمكن للإفراط في الاستهلاك أن يؤدي إلى التبعية لدى بعض الناس القابلة للجروحية لأسباب جينية أو لديهم قابلية شديدة للتوتر الانفعالي، بل حتى مصابين باضطرابات نفسية خطيرة إلى هذا الحد أو ذاك، دون أن يكونوا دائماً على وعي بها أو يريدون التسليم بها. التبعية هي حاجة قسرية لاستهلاك أحد المخدرات، ورغم النتائج المشئومة على صحة المستهلك وحياته العاطفية والاجتماعية، إلخ، التي يعيها تماماً. عندئذ، تتركز كل حياته في البحث عن المنتج المسبب للإدمان ليعثر على اللذة التي شعر بها من قبل. هذا البحث عن اللذة "الكيميائية" يمكن أن يولد "أنيدونية" *anhédonie* وشعوراً بالقلق وتوتراً داخلياً. لماذا يوجد نظام للمكافأة؟ نظام للذة؟ لأنه يمتلك بداهة وظيفة حيوية أساسية للمحافظة على النوع. وهكذا، فإن إعادة الإنتاج الشقية *sexuée* مرتبطة بتحرير الـ "أنكيفالين" *enképhaline*، هذه المورفينات الدماغية التي تؤدي إلى اللذة من خلال تحرير الدوبامين (شكل رقم ١). يفرز البحث عن الغذاء والحماية من الجوارح الـ "أنكيفالين" أيضاً. ثمة إذن نوع من التوازن الدائم بين نظم المكافأة التي، من تسكين الألم إلى الغبطة، تؤدي إلى فقدان الانتباه. وفي الحالة الأخيرة، تشرع هذه النظم الانقباضية في العمل وتزيد من الانتباه لتؤدي إلى الحصر النفسي إذا ما أصبح تجنيدها قويا للغاية.



## FONCTIONS VITALES AU COURS DE L'EVOLUTION

(maintien de l'espèce, recherche de nourriture,  
défense contre les prédateurs)

### شكل (١)

تمثيل تخطيطي للبيبتيدات المشاركة في السيطرة على الطريق المتعدي.  
الوظائف الحيوية خلال التطور

(المحافظة على النوع، البحث عن الغذاء، الدفاع ضد الجوارح)  
أعلى: إن الأنكيفالين، ببديدات صغيرة من خمسة أحماض أمينية، تفرز  
في دماغنا في ظروف مختلفة (الألم، الضغط العصبي/توتر، الانفعال...  
إلخ) يتم تدميرها بسرعة بواسطة إنزيمين (أمينوببتيداز N ومحايده  
(إندوببتيداز NEP). وهي ترتبط بالضبط مثل المورفين، الذي لا يوجد  
بشكل طبيعي في جسدنا، مع موقعين (متقبل صامت ودلتا) بنفس القوة  
(شوق) 1.

أسفل: خلال التطور، توطدت هذه النظم، كي تحفظ النوع وذلك بربط  
إجابة متعية مع الأنكيفالينيات التي تزود الغبطة إلى أقصى حد (على  
سبيل المثال مع استهلاك الهيرويين) وتعزل المستهلك في بحثه القسرى  
عن المخدر والنظم المضادة (مع على سبيل المثال الكوليسيزتوكيني  
cholécystokimine، التي دورها هو استعادة التوازن بزيادة اليقظة 3,21.  
إن النظام الخاص بمبدأ المتعية حيوى، إذ أنه يسمح بصيانة النوع.

إن النظامين المتعارضين ينظمان تحرير الدوبامين فى الطريق المتعى  
الميزو حوفى mésolimbique (الشكل رقم ٢). إن الدوبامين هو الجزىء  
المولد للأحاسيس الخاصة بالتحسن.

إنه مبدأ "العمليات المعارضة" الممثلة على نحو مبسط للغاية، من خلال  
نظامين داخليين فيه، يحتويان على "ببتيدات" peptides "مأفينة" متعية و"ببتيدات"  
تثير الحصر النفسى، مثل الكوليسيزتوكيني والدينورفين dynorphine (شكل  
رقم ١). إن المادة التي تولد حقا إحساسا باللذة هى الدوبامين التي يتم السيطرة على  
عملها، على الأقل على مستوى نظام المكافآت (المتعة) من خلال هذه الـ "ببتيدات"  
المختلفة. وتلعب الـ "مأفينات" الداخلية إذن دورا ملحوظا فى الطريقة التي نتأقلم  
بها مع الظروف الخارجية. وقد مكنت تجربتان على الأقل من إثبات ذلك شكليا.  
ففى عام ١٩٩٦، بفضل معالجات وراثية، تم إنتاج سلالة من الفئران لم تعد تملك  
الجين الذى يشفر من أجل الـ "ببتيد" المأفينة الجوفية ٤. إذن لم يعد لهذه الفئران  
أى إنكيفالين فى أدمغتها.

عندما نضع فأرا طبيعيا فوق صفيحة معدنية يتم تسخينها إلى ٥٠ درجة  
مئوية، فإنه يقفز خلال فترة معينة (٩٠ ثانية) لأنه يشعر بالألم الذى تسببه سخونة  
المفرطة، مثلما يحدث عندما نجرى حفاة فوق الرمال الساخنة، بحثا عن ركن  
ظليل. والفأر الذى لم يعد لديه المأفينات الجوفية، يشعر بالألم بسرعة ويقفز مبكرا.  
وتتيح سلسلة أخرى من التجارب من اختبار قلق أحد الحيوانات عندما نحصره فى

نطاق دائري أحد أطرافه مغطى ليشكل أنبوبة، والطرف الآخر مفتوح. يلجأ الفأر غالباً، وبشكل عام، إلى الجزء المغلق لأنه بطبيعة الحال قلق بعض الشيء. ونلاحظ تضخم هذا السلوك لدى الفأر الذي لم يعد يملك الأنكيفالينات. وبالإضافة إلى ذلك، عند وضع حيوان مثله في قفص أحد هذه الفئران، يهاجمه فوراً. ومن الطبيعي التفكير أن هذا السلوك العنيف يعود إلى غياب نظام المكافأة الذي يسيطر عليها الـ "إنكيفالين". هذا يلحق بمفهوم التوتر الداخلي، الذي كثيراً ما يصفه مدمني المخدرات السامة باعتباره أحد أسباب استهلاك المخدرات بهدف إخضاعه.

توضح تجربة أخرى أهمية المورفينات الداخلية وترتبط بآلية عملها. إن الأنكيفالينات عبارة عن "ببتيدات" صغيرة، تتكون من خمسة أحماض أمينية. وهي تملك عمراً حياتياً محدوداً بعد تحرير الخلية العصبية (النيرون) التي صنعتها. والواقع أن أنزيمات يقطعانها إلى أجزاء خاملة، عاجزة عن تنبيه أهدافها (المتقبلين) récepteurs (شكل رقم ١). وقد أمكن تركيب مواد (كابنة) قادرة على تجميد عمل هذه الأنزيمات ٥. تحمي هذه الجزيئات الـ "أنكيفالينات" وتزيد إذن من تركيزها في الدماغ والنخاع الشوكي. ومثلما كنا نتمنى، تملك هذه الجزيئات مفعولاً مسكناً قوياً، وتأثيراً مضاداً للاكتئاب لكنها غير قادرة على توليد تبعية، ببساطة لأنه خلافاً للمورفين الذي ينشط كل الأهداف الدماغية، سواء كان ذلك ضرورياً أم لا... لا تعمل الكوابت إلا حيث تفرز الخلايا العصبية الـ "أنكيفالينات". وهكذا، يؤدي الألم إلى إفراز الـ "أنكيفالينات" في النخاع والمناطق الدماغية المشاركة في السيطرة على السائل العصبي المؤلم، بينما في ظروف مغايرة (ضغط عصبي، العدوان الخارجي) يكون إفراز الـ "أنكيفالينات" ضرورياً في مناطق أخرى، على سبيل المثال النظام المتعدي. وبتزايد التفكير في أن الاختلال في التوازن بين النظم المتعارضة ييسر اللجوء للمخدرات 1.3.

## تنظيم تشريحي وظائف للنظام الخاص بالمتعة

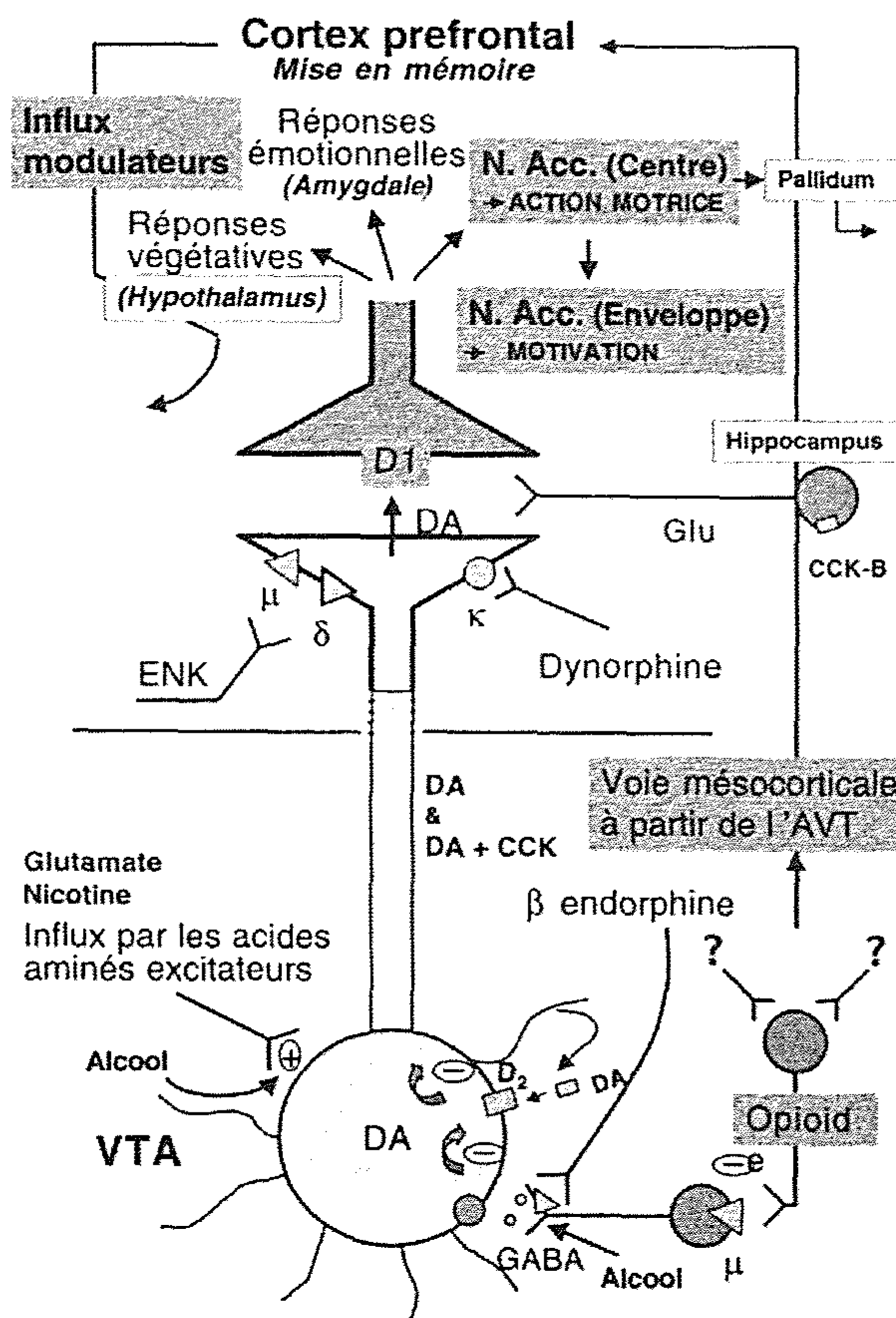
ينقسم النظام الخاص بالمتعة، من وجهة نظر تشريحية، إلى منطقتين على نحو منظم. يتم إفراز الـ "دوبامين" في بنية خاصة تسمى النواة "أكومبنس" accumbens، انطلاقاً من خلايا عصبية تقع في المنطقة الـ "تجمنتالية" الجوفية tegmentale ventrale (AVT) (شكل رقم ٢). إن زرع قطب كهربائي في مسيرة هذا الطريق الخاص بالمتعة يمكن من تنشيطه بالنسبة للحيوان من خلال نظام الرافعة على سبيل المثال. نلاحظ عندئذ أن عدد التعزيزات يتضخم بسرعة بسبب الإحساس باللذة التي يتم الشعور بها في كل تنبيه وينتهي الأمر بالحيوان بألا يبالي بكل الوظائف الحيوية الأخرى بما فيها الحصول على الغذاء. وهذا يُفسّر بلا شك الإحساس الشديد باللذة الذي يصفه مدمن الهيرويين على سبيل المثال خلال الاندفاع، مثل الإحساس بذروة النشوة الجنسية.

يوجد عدة أنماط حيوانية تسمح بدراسة ظواهر التبعية للمخدرات. وهي تمكننا من التكهن إلى حد بعيد بما يحدث لدى الإنسان. وهكذا، هناك اختبارات تسمح لنا بمعرفة ما إذا كانت إحدى المواد قادرة أم لا على توليد تبعية (شكل ٣). في إحدى هذه التقنيات، يُربط الجرذ بقسطة مرنة متصلة بخزان يسلمه جرعة من المنتج كل مرة يتكئ فيها على إحدى الروافع. إذا كان ماء، سيتكئ عليها مرة أو مرتين، ثم سيتوقف لأن الأمر لا يبهره. وإذا كان مخدرًا، هيرويين على سبيل المثال، لن يتوقف عن التعاطي الذاتي للمادة.

والاختبار الثاني هو الخاص بأفضلية المكان، ويتمثل في وضع أحد الحيوانات في علبة من قسمين من نفس الحجم، لكن يمكن التعرف عليهما بصريا وباللمس. يستكشف الجرذ هذا المكان بحرية خلال يومى التعود. وفي ختام اليوم الثالث، يتم فصل القسمين بحاجز يخصص له مخدر أو مصل فسيولوجى بالتبادل في حجرة معينة. وفي اليوم الحادى عشر، يُرفع الحاجز. إذا كانت المادة التي يتم



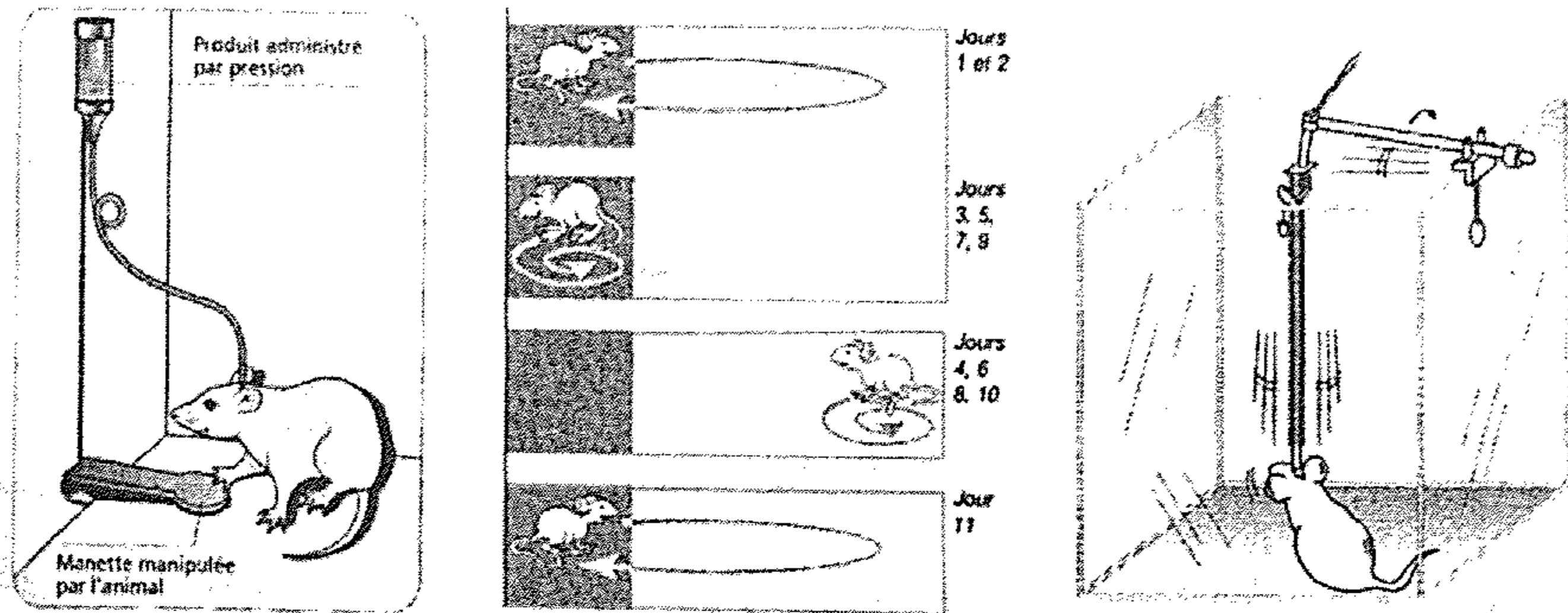
حقنها يتمثل فيها خطر الإسراف في التعاطي"، سيعاود الجرذ المجيء على نحو أكثر تكرارًا في الجزء الذي تلقى فيه هذه المادة. وهذا يبين أن المادة تملك خواصا تمثل خطر الانقياد للتبعية. و من الآن فصاعدًا أصبح استخدام هذه الاختبارات إجباريا قبل إدخال دواء جديد في الصيدلية.



شكل (٢)

تمثيل تخطيطي للغاية للطريق الخاص بالمتعة الميزو حوفي  
ينقسم إلى جزئين. (أسفل) في البنية الدماغية المسماة المجال التيجمنتالي  
الجوفي (VTA)، نجد الخلايا العصبية الدوبامينية (ND) والمحور

العصبى (امتداد عصبى طويل) ينتهى فى جزء يسمى القوقعة (شيل) للنواة "أكومبنس". هنا يتم إفراز الدوبامين من خلال الخلية العصبية فتحدث إحساسًا باللذة بتنشيط سلسلة كاملة من شبكات الخلايا العصبية. إن الكوكايين، والمحفزات النفسية تعمل على هذا المستوى بحجز نظام إعادة أسر الـ AD المحررة فى اقتران الكروموزومات. من هذه الحقيقة، فإن زيادة الـ AD ينتج الإحساس باللذة. وبالمقابل تعمل الأبيوتيدات على مستوى الخلية العصبية (ATV). إن الكحول، النيكوتين، وعلى الأرجح القنب الهندى يعملان بمنع جزيء صغير، المرسل GABA (ac.γ aminobutyrique) من كبت عمل الخلية العصبية DA جزئيا أو أن يحثها على نحو مباشر. ونلاحظ أن النظام المتعارضة - كوليسيستوكينى، دينورفين وتعمل بالأحرى على مستوى النواة "أكومبنس". وهى متورطة فى عملية الترسخ فى الذاكرة للإحساس الذى يتم الشعور به خلال تعاطى المخدر.



شكل (٣)

نماذج حيوانات حملية

لدراسة المواد التى تمثل خطر التبعية

تخصيص الجرعة ذاتيا: يُثبت مسبار (مثبت هنا فى التجويف الدماغى

مباشرة) ويمكن للحيوان أن يخصص لنفسه ذاتيا المخدرات (إذا كانت قادرة على إنتاج إحساس باللذة) بأن يضغط على الرافعة. مكان مفضل: يوضع جرد في قفص ذي أقسام بديكورات مختلفة، ممثلة بالأزرق الغامق، والأزرق الفاتح والأبيض. (١) خلال يومين، يتجول الجرد بحرية؛ في اليوم الثالث، يتم إغلاق كل قسم بشبكة.

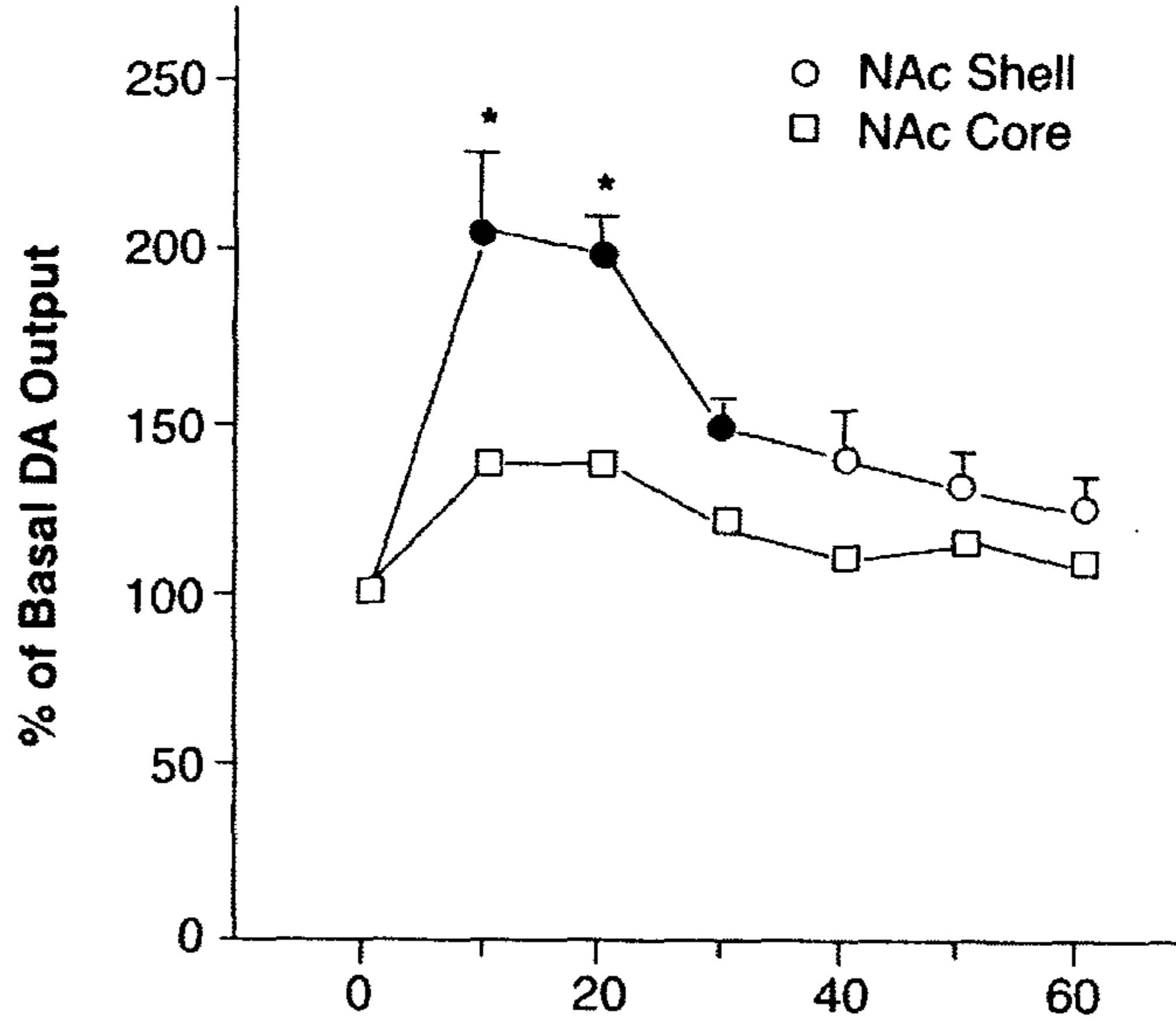
(٢) في الجزء الأزرق الغامق، نخصص مختبر كل يومين لمدة 9 أيام. (٣) في الجزء الأبيض، نخصص علاجاً بديلاً (مصل فيزيولوجي) كل يومين لمدة ١٠ أيام.

(٤) في اليوم الحادي عشر، يمكن الدخول بحرية في الأجزاء الثلاثة؛ يقف الجرد فترة أطول في القسم ذي اللون الأزرق الغامق منتظراً جرعة المخدرات.

الميكرودياليز Microdialyse: تم زراعة مسبار من الميكرودياليز في منطقة محددة من دماغ الجرد (على سبيل المثال، النواة "أكومبنس"). يُمكن الجهاز الحيوان من الحركة بسهولة في القفص والمسبار المربوط بمنفاخ صغير يمكن، من خلال مناهج محددة للغاية، من تعيين محتوى السائل المحيط بالخلايا العصبية في المنطقة الدماغية المستكشفة.

ممكن منهج الميكرودياليز من توحيد آلية العمل لكل المخدرات. يزرع مسبار صغير، ورفيع جداً في منطقة خاصة للغاية من دماغ الجرد. هذا المسبار المربوط بنظام المنفاخ، يمكن باستمرار من قياس كمية المادة المنتجة (دوبامين، أنكيفالين على سبيل المثال) في الحجم المحدود حيث تم زرعها. ونلاحظ أن كل ما يميز المخدرات، سواء كانت مباحة أو محظورة، هو أنها تنشط هذا النظام في المكافأة، ومن ثمة تتسبب في تحرير الدوبامين في النواة "أكومبنس". وقد أمكن مراجعة هذا الأمر بالنسبة للهيريويين بواسطة الميكرودياليز (شكل رقم ٤). وهو أيضاً حقيقى بالنسبة للـ THC، المادة النشطة الموجودة في القنب الهندي،

والنيكوتين وبالتأكيد للكوكايين والكحول ٧. والدوبامين تُخصَّص حصته ذاتيا من خلال الجرد عندما "يُسَلَّم" في النواة "أكومبنس" 8.



شكل (٤)

إثبات بالميكروميز المجهرى لدى الجرد

إفراز الدوبامين (DA) في النواة "أكومبنس" (N.Acc.) المُحرَّضة من خلال مادة تسبب الإدمان (الكوكايين)

إن تخصيص جرعة الكوكايين في الأوردة (٠,٥ مللى/كج) لدى الجرد الحر في تحركاته والمزروع مع مسبار ميكرودياليز، يتيح قياس الأثر المهم للزيادة (أكثر من ١٠٠%) للـ DA في الـ N. ACC. . وقد أمكن الحصول على نتائج مماثلة مع كل المخدرات المسموح بها والمحظورة، التي أثبتت العلاقة بين تنشيط الطريق الخاص بالطاقة الدوبامينية الميزو حوفية والإحساس باللذة - نقلا عن "دى كيارا" 7Di Chiara .

نقارن في تجربة أخرى عن أهمية الدوبامين خلال تعاطي أحد المخدرات المحتملة (الكحول في الحالة الحالية)، بين ثلاث سلالات من الجرذان، C57, CB1, BALAD. إن الجرذان التي تستهلك الكحول بسهولة (C57) هي التي تملك أضعف كمية من الدوبامين في نواتها "أكمومبنس" 9. وهي تعوض الأمر باستهلاك الكحول سيحرر الدوبامين في هذه المنطقة. وإذا خصصنا للجرذان (C57) أحد الأدوية، الـ L-dopa السابقة للدوبامين والمستخدم في مرض "باركينسون"، الذي يدمر الخلايا العصبية ذات الطاقة الدوبامينية، فإنه يقلل استهلاكها من الكحول. وبالفعل عند إعطائها الدوبامين الذي كان ينقصها، عادت إلى نفس مستوى جرذان السلالتين الأخرتين.

ما الآليات التي من خلالها تحفز المخدرات تحرير الدوبامين؟ إنهما من نوعين ويعتمدان على الموقع الذي يؤثر فيه المخدرات. في حالة المنبهات النفسية (الكوكايين، الأنفيتامين، المخدرات المخلقة والأدوية التي تحتوي على هذا النوع من المواد... إلخ)، تحجز هذه المواد نظاماً ضابطاً للتركيز للـ DA في نقطة الاشتباك العصبي الخاص بالطاقة الدوبامينية (على مستوى النواة "أكمومبنس"). [الشكل رقم ٢]. فالمقصود نظام يخص إعادة الاستيلاء على الـ DA التي يتم إفرازها. يؤدي حجزها إذن إلى زيادة الـ DA المتعينة.

تعمل كل المخدرات الأخرى بشكل رئيسي على مستوى الراقود AVT (شكل رقم ٢). وهكذا، فإن الإبيوئيدات (المورفين، الإنكيفالين) تعمل بشكل غير مباشر على تنشيط مستقبل، يسمى "مو" mu ويقع على خلية عصبية مُرسلة للطاقة تحرر مادة الإرسال GABA، التي تفرمل باستمرار نشاط الخلية العصبية الخاص بالطاقة الدوبامينية، ستزيل الإبيوئيدات هذه الفرملة، وستفرز الدوبامين فيعطى الإحساس باللذة. ويعمل الكحول أيضاً على هذا المستوى، وأيضاً على الخلية العصبية DA مباشرة، مثلما يفعل النيكوتين، الذي يؤثر على المستقبل الخاص بالطاقة الكولينية ١٠ cholinergique. ولاستكشاف صحة هذه الفرضيات قمنا بتجارب مستخدمين فئران لم تعد تملك الجين الخاص بشفرة المستقبل المأفين "مو".

والحال في كل التجارب المتحققة، نلاحظ أن المورفين لم يعد يعط أثر المكافأة 11. وهذا، فضلا عن ذلك، ينسجم مع حقيقة أنه عندما نحتجز المتقبل "مو" (مع الـ "نالاكسون" nalaxone على سبيل المثال)، لدى مدمن الهيرويين، نولد تبعية عنيفة لديه، مما يوضح جيدًا أن المتقبلات الـ "مأفينة" الداخلية ("مو" على نحو خاص) أساسية في التبعية. جددنا هذه التجربة مع المتقبل D2، الذي يتمثل دوره على مستوى الـ ATV في ضبط نشاط الخلية العصبية "ميزولمبيك" الخاصة بطريق المتعية. هنا أيضا لم تبد الفئران المعدلة وراثيا ولم تعد تملك المتقبل D2، أية أفضلية للقسم المرتبط بالمورفين ١٢ وأية شهية للكحول ١٣.

### القابلية للجروحية في العمليات الخاصة بالإدمان

يتزايد الاعتقاد بأن القابلية للجروحية من تعاطي المخدرات مرتبط بخلل وظيفي لهذا الطريق الخاص بالمتعية. والواقع أنه كثيرا ما نلتقى بالاضطرابات المرضية في القابلية للجروحية مع المخدرات. وكثيرا ما يكون لدى الأشخاص الذين يتعاطون المخدرات مشاكل نفسية، بل عقلية، حالات قلق وغالبا حالات اكتئاب. كل هذا يقودهم للبحث عن نوع من العلاج الذاتي في استهلاك المخدرات. لهذا السبب ثمة صعوبة بالغة في انتزاع شخص "مدمن" من مخدر يسبب الإدمان بشدة (الهيرويين، الكوكايين، الكحول) دون أن يصاحبه علاج نفسي. وهكذا، في حالة الهيرويين، يعجز العلاج التعويضي البسيط بالميتادون méthadone وحده، على سبيل المثال، أو البيرينورفين buprénorphine، على أن يؤدي إلى الامتناع عن التعاطي. عندئذ هناك نسبة فشل تتراوح بين ٨٠ إلى ٨٥ %. وعلى النقيض، مع مساعدة العلاج النفسي، يتمكن عدد من مدمني الهيرويين من التخلص من إدمانهم للمخدرات السامة، وهذا هو السبب الذي يستدعي مضاعفة المراكز الطبية لتوزيع الميتادون. وفي فرنسا، كما في كثير من الدول الأخرى، تحصل جمعيات قدامى المدمنين، التي يدعمها غالبا طبيب أمراض عقلية أو نفسية، على أكثر النتائج تميزا، إذ أنهم يحيطون الشخص التابع والمحتاج لإعادة الاعتبار

الشخصى... ينبغي أن نجعله يسترد كرامته واحترامه لذاته. لن يمكننا أبداً أن نوفى قيمة هذه الجمعيات.

ينبع فقدان تقدير الذات واللجوء إلى "مخدر النسيان" غالباً إلى عوامل انفعالية وبيئية مثيرة للاضطراب للغاية كابدها الإنسان منذ طفولته المبكرة. يعرف المحللون النفسيون جيداً مخاطر عدم الانسجام الانفعالى لدى الطفل. عندما تُبنى شخصيته ويستظهر دماغه، هناك عدد معين من الصور مُخزّنة نهائياً. يمكن للطفل أن يربط بين صورة عن السعادة مع الاكتمال والطابع المسترخى للبيئة المحيطة التى ينظر منها أهله إليه وهم يبتسمون. وصباح اليوم التالى، إذا ما وجد نفسه فى نفس الظروف بالضبط، لكن فجأة تتوتر البيئة المحيطة، بل تصبح عدوانية، فإنه لا يفهم السبب - هناك فصل بين وضعين متوقع أنهما متطابقان. تستقر عاقبة الجرح ونعرف أن هناك قابلية للانجراح أكبر بكثير إزاء استهلاك المخدرات لدى الأطفال الذين وجدوا أنفسهم فى مواجهة حالات تنافر انفعالى. وهذا أكثر مصداقية أيضاً مع الأطفال الذين تعرضوا لأعمال عنيفة. نلاحظ أن زنا المحارم أو الاغتصاب لدى الأطفال ينتج مخاطر تزيد عشرة مرات فى استهلاك المخدرات فى سن الرشد. يلعب بناء الشخصية إذن دوراً مهماً للغاية فى القابلية للجروحية من تأثير المخدرات. إنها الخاصية المكتسبة منه. ومثلما يقول د. لاکور **D. Lacourt**: "يرى كل شخص كتابة الحكاية الفريدة التى هى تاريخه الفعلى، الاجتماعى والثقافى، فى بنية دماغه نفسها مع استقرار شبكات الخلايا العصبية الخاصة".

توجد أيضاً عوامل وراثية فطرية، فيما يخص قابلية الانجراح والالتئام، لم تُدرس إلا قليلاً خلال فترة طويلة، بل تم إنكارها رغم وجودها. إن الأطباء الممارسين المتخصصين يعلمون أن هناك عائلات معرضة لإدمان الخمر. وقد بينت تحاليل الوراثة أن عدداً معيناً من التعديلات الوراثة كانت بالفعل موجودة فى عائلات مدمنة للخمر<sup>1</sup>. وبالمثل، فى حالة التوأم الحقيقى، نرصد استهلاكاً للكوكايين لدى ٥٤ % من الحالات حتى لو تواجدوا فى بيئات اجتماعية وثقافية مختلفة<sup>14</sup>. فى حالة التوأم الكاذب، نجد الأرقام أقل بكثير. ولاشك أن مخاطر

إدمان المخدرات السامة هي بدهاة متعددة الأصل (عدة جينات معنية)، لكن المكتسب أيضا بنفس الأهمية (انظر فيما يلي). وفي جميع الحالات، يعكس اللجوء الدائم للمخدر إذن صعوبة بل استحالة تطبيق سلوك منضبط مع الظروف التي يتم مقابلتها، سواء كانت نزاعية أم لا. هذا قد يؤدي إلى إنقاص القيمة، وأدونية دائمة، يتم التغلب عليها مؤقتًا باستهلاك المخدرات.

ومن المثير للاهتمام أيضا ملاحظة أن الجرذان الأكثر نشاطًا، الأكثر "جرأة" هي التي تظهر نزوعًا طبيعيًا لتخصيص المخدرات ذاتيًا 15. ونجد هذه العلاقة لدى الإنسان، مادام من هم الأكثر انجذابًا للمخاطر بكافة أنواعها هم الأكثر قابلية للانجراح إزاء المخدرات. نعلم أن كل فعل "محفز" يقود إلى تحرير الـ DA في النواة "أكومبنس"، التي هي نفسها نوع من الصفيحة الدائرة، ستحوّل هذا التحفيز إلى فعل. يمكننا عندئذ التساؤل عما يحدث في الطريق الخاص بالمتعة لهواة التطرف الذين يهبطون دوامة سيل عرم عومًا! أو يقفزون من جسر وهم مربوطون بنسيج مطاط! المؤكد هو ادعاء الكل بأنه يشعر بالحياة وبلذة هائلة خلال هذه الممارسات. هل نظامهم الخاص بالـ DA حساس مسبقًا؟

### حساسية - الترسيخ في الذاكرة

#### لأثر المخدرات والانتكاسات

إحدى الظواهر الأكثر إثارة للفضول وأصعبها على الفهم هي أنه مع إدمان المخدرات السامة، ثمة صعوبة في التخلص منها، إذا ما أصبح المرء تابعًا لها. لماذا؟ لأن التخلي عن المادة يخلق أثر الضغط العصبي. التبعية لخامات أخرى (التبغ، المنبهات النفسية، القنب الهندي) ليست مفاجعة إلى هذا الحد ورغم هذا فإن الامتناع عن التدخين على سبيل المثال صعب للغاية. لقد انهزمت نظرية التبعية المرتبطة بصعوبات العبودية، المسماة "التدعيم السلبي"، ويتم التوجه بالأحرى نحو نظرية "التدعيم الإيجابي"، الذي يرتبط بالصعوبة البالغة في الفكك من مخدر يمنح إحساسًا بلذة شديدة. 16,17 هذا يتضمن ترايد هذا الإحساس عبر عمليات استهلاك



متتالية. هناك تجربة بهذا المعنى. قام فريق البروفيسور شولتز Schultz بزراعة قطب كهربائي في الطريق الخاص بالمتعة 18. عندما يفتح القرد بابًا يوجد خلفه طعام، يراه الحيوان فيقترب منه، وعلى الفور ينشط نوع من "الانعكاس الشرطي البافلوفى العصبى" نظامه الخاص بالطاقة الدوبامينية. لقد توقع إذن اللذة التى ستجلبها له الحصة الغذائية. فى حالة المخدر، يمكننا تخيل أنه عند إعادة وضعه فى الظروف التى استهلك فيها المخدر، فإن توقع الأثر الخاص بالمتعة التى سيوفرها له يصبح غير محتمل ومؤلمًا من شدته، ويقوده إلى البحث عن المخدر بكل الوسائل (رغبة ملحة).

لقد أمكن إثبات مفهوم الحساسية المفرطة لنظم الخلايا العصبية، لاسيما الخاص بالطاقة الدوبامينية. وهكذا، تعالج جرذان بالمورفين على نحو مزمن، ثم يتم إيقافه وإعادةه بعد فترة وجيزة. يتم قياس النشاط القاطر للحيوان (عدد مرات الذهاب والإياب داخل القفص) الذى تضاعف بالدوبامين الذى ييسر المورفين إفرازه فى النواة "أكومبنس" 7,19. تُعطى نفس الجرعة خلال كل تجربة ورغم هذا يزداد النشاط القاطر مع كل حصة بينما المتوقع غالبًا هو استجابة مماثلة. هذا يعنى أنه قد حدثت عملية حساسية مفرطة للنظام، مما يساهم بداهة فى التبعية والبحث القهرى عن المنتج.

تحاول فرق كثيرة فى العالم، حاليًا، تفسير وجود أثر للوضام (تخلف الانفعال)، على صعيد الكيمياء الحيوية، بهذه الضخامة خلال تعاطى مخدرات معينة. إنها، فى واقع الأمر، هذه الذكرى الخاصة بالمتعة الحادة المخزنة فى الدماغ، هى التى تولد الانتكاسة. ربما هناك، داخل الخلايا العصبية وشبكات الخلايا العصبية، عمليات كيميائية حيوية تختفى بعد فترة زمنية طويلة للغاية وتحافظ على التبعية النفسية. وترى الفرضيات المقدمة لتفسير هذه الظواهر أن التنبه المزمن للطرق المتعة قد يُعدّل التوازنات بين البروتينات، التى يرتبط مفعولها على تعبير الجينات، بعملية تشكل الفوسفات فى الجسم الحيوانى الخاص بها. قمنا، مع ف. نوبل F.Nobel بوضع الفرضية الخاصة بأن كمية هذه

البروتينيات المفسفرة وتتوَعها يتخطى قدرة الأنزيمات "النازعة للفسفرة (فوسفاتازات phosphatases) فيما يخص استعادة التوازن الموجود من قبل"<sup>3</sup>. ومن المحتمل أيضا أن آثار الترسّخ في الذاكرة يورط النظم المتعارضة 20. وهكذا يمكننا أن نبين أن التنشيط من خلال "أبيوتيدات" متأتية من الجهاز نفسه الخاص بالنظام المتعى على مستوى النواة "أكومبنس" يؤدي إلى تحرر الكوليستوكينين في قرن آمون hippocampe، بنية معروفة جيّداً لدورها في الذاكرة 21. إن القابلية للانجراح إزاء المخاطر الخاصة بالإدمان قد يمكنها الاعتماد عندئذ على ثابتين إثنين غير مستقلين .

- إمتناع هائج خاص بالذاكرة.

- تقدير مبالغ فيه للحساسية الخاصة بالمتعية التي يولدها المنتج. يبقى فحص الأسباب الخاصة بالخلايا العصبية الحيوية لهذه الاختلافات. إن استخدام تقنيات جديدة منحدرّة من الجينومينية (شريحة إلكترونية "بوس" (قد تساعدنا في هذه المهمة.

### خطورة المخدرات

لقد رغبت وزارة الصحة (الفرنسية) في أن تتضمن دراسة مشكلة خطورة المخدرات، المخدرات المباحة والمحظورة، وهو ما كان منطقيا مع رؤية النتائج الحديثة المقدّمة أعلاه.

ربما كانت هذه الدراسة المقارنة 1 الأولى من نوعها التي تضم علماء بيولوجيا الأعصاب، وأطباء أمراض نفسية وعصبية وأطباء عيادات متخصصون في المخدرات السامة. وقد استخدمت معايير دقيقة للغاية للمقارنة بين آثار المادة س (X) مقارنة بالمادة ص (Y)، ثم ع (Z) بالنسبة لـ ص (Y) ... إلخ. وهكذا تم تحليل التعديلات الخاصة بالتوابت الحيوية، ومختلف الآثار الخاصة بعلم صناعة الدواء، سميات الخلايا العصبية، السميات على نحو عام، الخطورة الخاصة بالتفاعل الفردي المتبادل، إلخ. نخلص أن كل مادة تتسم بمخاطر الإفراط في

التعاطي لا تخلو تمامًا من الخطر، فكلها متعة، وكلها تنشط نظام اللذة، وبطبيعة الحال، كلها قادرة على أن تؤدي إلى آثار، إلى هذا الحد أو ذاك من الحدة، من التبعية الجسدية والنفسية. ورغم هذا هناك فروق مهمة بين المواد التي تمثل خطورة عند الإفراط في استخدامها.

على نقيض ما يعتقد، فإن سمية الخلايا العصبية ضعيفة في حالة الهيرويين. يوجد بالفعل أشخاص تمت معالجتهم طوال ثلاثين عامًا في الولايات المتحدة بالميتادون، وهي مادة بديلة للمورفين ولم يحدث تلف يخص الخلايا العصبية فيما بعد الوفاة في أدمغتهم. إن الخطورة الاجتماعية قوية للغاية بالنسبة للهيرويين، لكنها أيضًا قوية بالنسبة للكحول. وهي قوية للغاية في حالة الهيرويين، ليس لأن الهيرويين خطر في حد ذاته، ولكن لأن البحث القسري عن منتج سيقود إلى مشاجرات، وسرقات، بل جرائم قتل للحصول على النقود اللازمة لشراء المخدر. وفي حالة الكحول، تعود الخطورة إلى أن المنتج يلغى الكبح. ولهذه الحقيقة يكون قادرًا على إظهار ميول عدوانية في حالة السكر ("لقد احتسى خمرًا فاسدًا") أو تعبّر عن الاكتئاب ("خمره لا يبعث على البهجة")، الذي، في الحالة الأولى، ينتهي بإظهار سلوك عنيف متكرر في أغلب الأحيان.

إن استهلاك الـ **MDMA** أو الأفيونات المخلقة في ازدياد، لاسيما في "حفلات الهذيان". وهو مرتبط غالبًا بالكحول أو بالمواد المهلوسة، مما يزيد من المخاطر. يرتبط الـ **MDMA** على نحو تفضيلي بحامل السيروتين، وأيضًا بالدوبامين **DA**. ولهذه الحقيقة، فهو يدمر من خلال ردود فعل كيميائية، الخلية العصبية التي تُبَت عليها. لذا ليس من المستحيل على المدى البعيد حدوث فوضى تتعلق بتلف الخلايا العصبية، بسبب فقدان خلايا عصبية غير منعكسة 23. إن تحليل زمرة من المرضى استهلكوا لمدة عدة سنوات الـ **MDMA** وفحص أدمغتهم فيما يتعلق بالخلية العصبية الخاصة بالتخيل، بمساعدة الأدوات المُعلّمة من المتوقع أن تسمح برؤية الفوضى التي تسببها المخدرات. لاشك أن الخطر الأكثر

إثارة للقلق هو الدخول الحاشد لتركيبات كيميائية بسيطة، مركبة بسهولة، مما لا يسهل إصلاح مستودعات العقاقير السرية التي تُصنع فيها. إنها حاليًا مشتقات من الأنفيتامين. يمكننا الخوف من امتداد الأمر إلى أدوية مطلوبة من أجل خصائصها المنشطة على المستوى النفسى وسيتم تعديلها كيميائياً مثلما هو الحال مع الأنفيتامينات amphetamines.

إن الكوكايين منبه نفسى أيضا تأتي خطورته الشديدة من حقيقة أنه يمكن استيعابه فى شكل قاعدة (كراك crack) من خلال الرئة، مما ييسر دخوله الضخم فى الدماغ حيث يسبب فوضى خطيرة. كما أن الكوكايين يملك بالإضافة لذلك محيطاً سمياً قوياً، يمس القلب على نحو خاص.

فى فرنسا، يوجد حوالى 2 مليون شخص أسير للكحول 24. إن تسمم الخلايا العصبية بسبب الكحول معروف تماماً ومخاطر الالتهاب الكبدى، والجهاز الدورى التى تولدها هذه المادة المستهلكة بإفراط هى أهم سبب للوفيات (٥٠٠٠٠/سنوياً بسبب هذه المادة). وبالتأكيد يصبح النبيذ أو كل المشروبات الكحولية مخدرات عندما تستهلك بإفراط. من يستطيع ادعاء العكس؟ هذا لا يمنع من الاعتدال فى استهلاك النبيذ أو مشروبات كحولية أخرى طيبة، خصائصها التفخيمية معروفة جيداً. لكن، على النقيض، هناك خطورة فى نشر رسائل تقلل من المأسى التى يسببها السكر للسكير والمحيطين به.

ومجال القنب الهندى موضوع دائم للسجلات المتعارضة وللمقالات الصحفية المجلجلة. وهو بدهاء مادة منشطة على المستوى النفسى تولد إحساساً بالاسترخاء وباللذة وإلا ما كانت تستهلك بكمية كبيرة إلى هذا الحد. لقد وصفت عدة مقالات وتقارير... إلخ بالتفصيل، خصائص القنب الهندى<sup>1</sup> التى بعضها هو فضلاً عن ذلك فيما يخص قدراته الكامنة مثيرة للاهتمام فى العلاج النفسى (مضاد للقيء، منبه، فاتح للشهية، مسكن للألم... إلخ). تهتم عدة شركات لصناعة الأدوية بهذه التطبيقات. ومخاطر التبعية الجسدية والنفسية موجودة لكن لا مجال لمقارنتها بتلك التى ينتجها الهيرويين، والكوكايين، والكحول... إلخ. هذا لا يعنى أن القنب الهندى بلا خطورة. وهكذا، بالنسبة لأفراد مهيين سلفاً، يمكن لأول

استهلاك مفرط للقنب الهندي (نجد أنواع من القنب الهندي تحتوي على أكثر من ٢٠-٢٥ % من الـ THC!) أن يؤدي إلى حلقات إحباط حاد أو أزمات حصر نفسى. نرى إذن أن مادة الـ THC ليست محايدة، لكنها ليست أيضا فى نفس خطورة الكوكايين، الكحول، والمنبهات النفسية...

يعود تحويل القنب الهندي إلى المخدرات المسماة شديدة (الهيرويين على سبيل المثال) إلى تشوش "تجار المخدرات" الذين يقترحون من الآن فصاعداً مجموعة حقيقية من المخدرات من كل الأنواع، أكثر من كونها علاقات بين نظم الأبيونيد والقنب الهندي- نوييد **cannabinoide**.

إن المتقبل **CBI** هو المتقبل للقنب الهندي- نوييد **cannabinoide**. والجرذان التى لا تملك هذا المتقبل تبدو أكثر قابلية للانجراح إزاء التخصيص الذاتى لحصة المورفين 25.

### العلاج الدوائى للمدمنين

إن العلاج النفسى، الذى اعتبره المتخصصون فى التعامل مع المخدرات لفترة طويلة لا يفيد فى مساعدة المعتمدين على المخدرات من أجل الامتناع عنها، أصبح من الآن فصاعداً من الوسائل التى يتزايد استخدامها. هذا يعود إلى النتائج التى تم الحصول عليها مع إحلال الهيرويين بالميتادون أو ببيرونورفين، وهما مافينات مثل الهيرويين لكنهما، لأسباب تخص الوصول المحدود للدماغ أو التنشيط الأقل قوة لأهداف المخدرات، يسمحان بخروج بطيء لكنه أقل صعوبة، من التبعية. لنصف أن التخصيص من المادتين يُجنب، عدا الانحراف للبيرونورفين، الطريق الخاص بالحقن فى الوريد ويقلل على هذا النحو مخاطر نقل عدوى خطيرة عديدة، الحموية (الإيدز، التهاب الكبدى بفيروس سى) أو البكتيرية.

تزايد اهتمام الصناعات الدوائية بالمعالجات التى تُسهّل الامتناع لدى مدمنى السجائر أو الكحول. وفى جميع الحالات، وحده الجمع بين المعالجة الكيميائية وأساليب علاجية نفسية مختلفة، يؤدي إلى نتائج إيجابية فعلا.

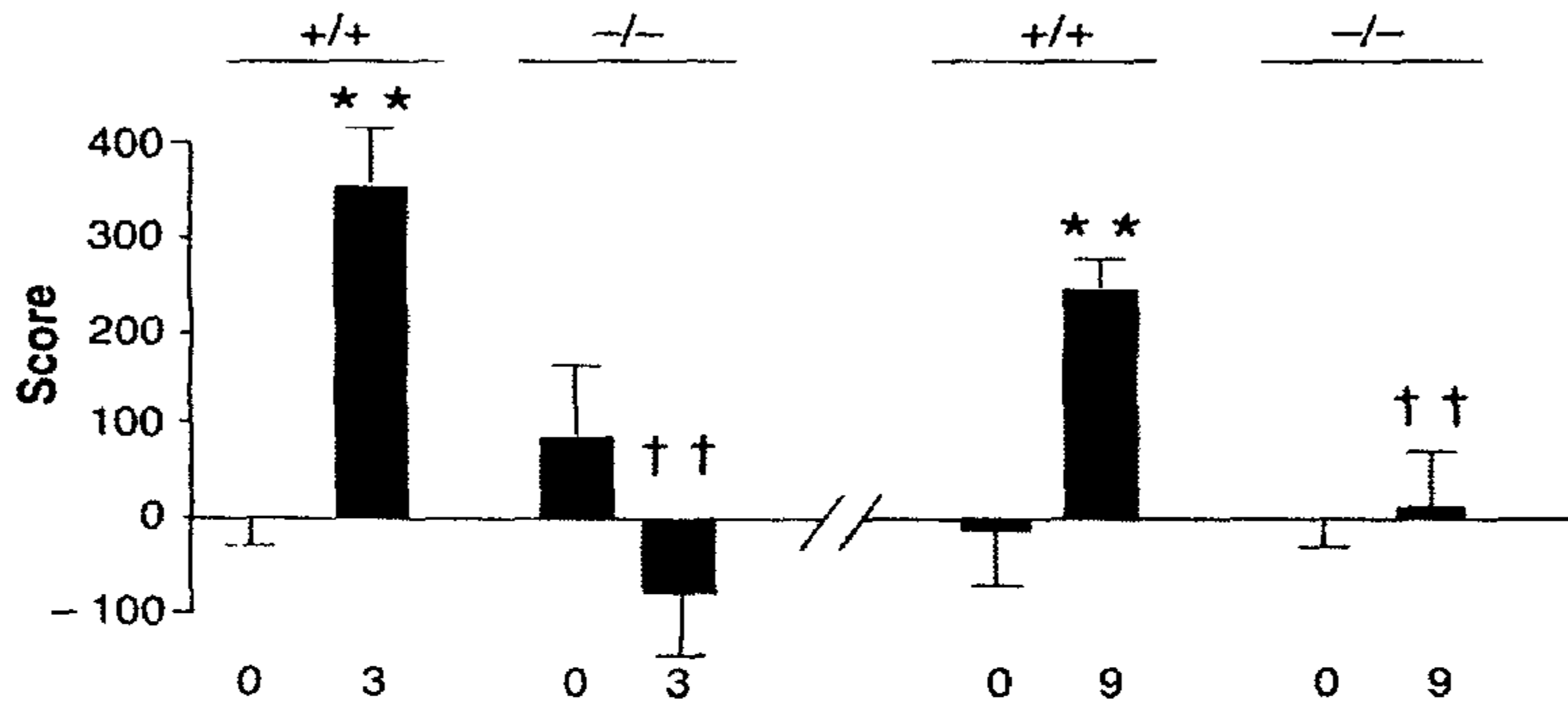
سيتمثل التحدى الحقيقى فى اكتشاف الوسيلة القادرة على إيقاف البحث

القهرى عن المخدرات والأهم أيضا، آثاره الخاصة بالوضام. تم تسجيل بعض التقدم على نماذج حيوانات مع مادة تحافظ على إجمالى متوسط من الدوبامين فى النواة أكومبنس 26 أو مع المواد التى تحمى الإنكيفالين الداخلى من عملية التعطيل الخاصة بالأنزيم 27. يبقى إثبات إمكانية نقل ذلك إلى الإنسان.

هناك تناول آخر مثير للاهتمام لكن تطبيقاته تبدو محدودة للغاية، ويتمثل فى استخدام أجسام مضادة موجهة ضد المادة المسببة للإدمان (الهيرويين، الكوكايين... إلخ). إن تثبيت المخدرات على الجزيئات الصغيرة الخاصة بالأجسام المضادة يمنعها من اختراق المخ (شكل رقم ٥)، فتقع فى الفخ. ويمكننا فضلا عن ذلك تضليل النظام باستخدام أجسام مضادة تدمره، بعد تثبيت المخدر (أجسام مضادة حفازة). ويتزايد مستقبل أساليب العلاج بالوهم فى حالة الجرعات المفرطة أو فى المجال الوقائى، وهناك تجارب معملية مستمرة فى هذا المجال.

### خاتمة

فى يونيو ١٩٩٨، قررت الحكومة توسيع مهام الـ **MILD** (البعثة المتعددة الوزارت لمكافحة المخدرات وإدمان المخدرات السامة) لتتولى آثار استهلاك المخدرات المباحة (التبغ، والكحول) على كافة المستويات. لا يسعنا سوى تهنئة أنفسنا بهذا القرار.



شكل رقم ٥

إلغاء أثر المتعة التى حرضها المورفين المزمن لدى الجرذان

المعدلة وراثيا ولم تعد تملك المتقبل D2 فى الدوبامين (الجرذ-/-).

جرذان تم السيطرة عليها (+/+) وبدون المتقبل D2 يتم دراستها من خلال اختبار أفضلية المكان (انظر الشكل رقم ٢)، بعد معالجة مزمنة بالمورفين. عند السيطرة (٣ أو ٩ مج/كجم) يحدث المخدر على تفضيل الأقسام التى تحصل فيها على المنتج، بينما يختفى هذا التفضيل لدى الجرذان (-/-). هذا يبين بوضوح أهمية الطريق الخاص بالطاقة الدوبامينرجية.

لنأمل أن تعالج هذه المشاكل ١,٢٤ التوصيات الكثيرة الواردة فى التقارير المختلفة، وأن يتبعها مردود. هناك الكثير لعمله فى هذا المجال وأيضا كثير من الممتلكات المؤسسية أو العلمية (لكل مخدره السام!) التى ينبغى تحطيمها حتى يمكن لتناول مستعرض لمشكلة المخدرات السامة من رؤية النور.

لقد اختفت إحدى المحرمات، وفهم الفرنسيون تمامًا أن ضم المخدرات المباحة والمحظورة لا يشمل الإدانة العمياء لاستهلاك هذه المواد، بما فيها، بطبيعة الحال، النبيذ العزيز علينا للغاية فى بلادنا. لنأمل أنه بعد الموافقة على تحطيم هذا التابو، سيستمع الفرنسيون لرسائل التحذير الشائعة مع التذكر أنه مع احترام مبادئ الحرية والتضامن، أى الانفتاح على الآخرين الذين نتمسك به كثيرًا، يكون من المفضل أن نقرنه بالمبدأ العزيز على ج. ب. سارتر J. P. Sartre عن المسؤولية الفردية.

### شكر

أود أن أوجه جزيل الشكر لكريستين دوبي Christine Dupuis للمساعدة القيمة للغاية التى أولتني إياها خلال إعداد هذا المخطوط.

## المراجع:

1. ROQUES (B.-P.), *La Dangerosité des drogues*, Rapport au secrétariat d'État à la Santé, Odile Jacob, 1999.
2. Drogues et toxicomanies, indicateurs et tendances. Observatoire français des drogues et des toxicomanies, OFDT, 1999.
3. ROQUES (B.-P.), NOBLE (F.), « Association of enkephalin catabolism inhibitors and CCK-B antagonists, A potential use in the management of pain and opioid addiction », *Neurochem. Res.*, n° 21, 1996, p. 1395-1409.
4. KÖNIG (M.), ZIMMER (A.-M.), STEINER (H.), HOLMES (P.V.), CRAWLEY (J.-N.), BROWNSTEIN (M.-J.), ZIMMER (A.), « Pain responses, anxiety and aggression in mice deficient in pre-proenkephalin », *Nature*, n° 383, 1996, p. 535-538.
5. ROQUES (B.-P.), NOBLE (F.), DAUGÉ (V.), FOURNIÉ-ZALUSKI (M.-C.), BEAUMONT (A.), « Neutral endopeptidase 24.11. Structure, inhibition, and experimental and clinical pharmacology », *Pharmacol. Rev.*, n° 45, 1993, p. 87-146.
6. OLDS (J.), « Self stimulation of the brain », *Science*, n° 127, 1958, p. 315-324.
7. DI CHIARA (G.), « Drug addiction as dopamine-dependent associative learning disorder », *Eur. J. Pharmacol.*, n° 375, 1999, p. 13-30.
8. DWORKIN (S.-I.), GOEDERS (N.-E.), SMITH (J.-E.), « The reinforcing and rate effects of intracranial dopamine administration », in *Problems of Drug Dependence* (Harris L.S., ed.), *NIDA Res. Monograph.*, 1986, p. 242-248.



9. GEORGE (S.-R.), FAN (T.), NG (G.-Y.), JUNG (S.-Y.), O'DOWD (B.-F.), NARANJO (C.-A.), « Low endogenous dopamine function in brain predisposes to high alcohol preference and consumption: Reversal by increasing synaptic dopamine », *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, n° 273, 1995, p. 373-379.
10. PICCIOTTO (M.-R.), ZOLI (M.), RIMONDINI (R.), LÉNA (C.), MARUBIO (L.-M.), PICH (E.-M.), FUXE (K.), CHANGEUX (J.-P.), « Acetylcholine receptors containing the  $\beta 2$  subunit are involved in the reinforcing properties of nicotine », *Nature*, n° 391, 1998, p. 173-177.
11. MATTHES (H.-W.-D.), MALDONADO (R.), SOMONIN (F.), VALVERDE (O.), SLOWE (S.), KITCHEN (I.), BEFORT (K.), DIERICH (A.), LE MEUR (M.), DOLLÉ (P.), TZAVARA (E.), HANOUNE (J.), ROQUES (B.-P.), KIEFFER (B.-L.), « Loss of morphine-induced analgesia, reward effect and withdrawal symptoms in mice lacking the  $\mu$ -opioid receptor gene », *Nature*, n° 383, 1996, p. 819-823.
12. MALDONADO (R.), SAIARDI (A.), VALVERDE (O.), SAMAD (T.-A.), ROQUES (B.-P.), BORRELLI (E.), « Absence of opiate rewarding effects in mice lacking dopamine D2 receptors », *Nature*, n° 388, 1997, p. 586-589.
13. PHILLIPS (T.-J.), BROWN (K.-J.), BURKHART-KASCH (S.), WENGER (C.-D.), KELLY (M.-A.), RUBINSTEIN (M.), GRANDY (D.-K.), LOW (M.-J.), « Alcohol preference and sensitivity are markedly reduced in mice lacking dopamine D2 receptors », *Nature Neurosci.*, n° 7, 1998, p. 610-615.
14. KENDLER (K.), PRESCOTT (C.), « Cocaine use, abuse and dependence in a population based sample of female twins », *British J. Psychiatry*, n° 55, 1998, p. 967-972.
15. DELLU (F.), PIAZZA (P.-V.), MAYO (W.), LE MOAL (M.), SIMON (H.), « Novelty seeking in rats. Biobehavioral characteristics and possible relationship with the sensation-seeking trait in man », *Neuropsychopharmacology*, n° 34, 1996, p. 145-154.
16. KOOB (G.-F.), LE MOAL (M.), « Drug abuse : Hedonic homeostatic dysregulation », *Science*, n° 278, 1997, p. 52-58.
17. WISE (R.-A.), BOZARTH (M.-A.), « A psychomotor stimulant theory of addiction », *Psychol. Rev.*, n° 94, 1987, p. 469-492.
18. SCHULTZ (W.), DAYAN (P.), MONTAGNE (R.), « A neural substrate of prediction and reward », *Science*, n° 275, 1997, p. 1593-1599.
19. SPANAGEL (R.), WEISS (F.), « The dopamine hypothesis of reward : past and current status », *TIPS*, n° 22, 1999, p. 521-527.
20. SOLOMON (R.-L.), « The opponent process theory of acquired motivation », *Am. Psychol.*, n° 35, 1980, p. 691-712.
21. SEBRET (A.), CRÉTÉ (D.), LÉNA (I.), MATSUI (T.), ROQUES (B.-P.), DAUGÉ (V.), « Rat hippocampal neurons are critically involved in physiological improvement of memory processes induced by cholecystokinin-B receptor stimulation », *J. Neurosci.*, n° 19, 1999, p. 7230-7237.
22. *Ecstasy. Des données biologiques et cliniques aux contextes d'usage*, Expertise Collective INSERM — Paris INSERM, 1998.
23. McCANN (U.-D.), SZABO (Z.), SCHEFFEL (U.), DANNALS (R.-E.), RICAURTE (G.-A.), « Positron emission tomographic evidence of toxic effect of MDMA ("ecstasy") on brain serotonin neurons in human beings », *Lancet*, n° 352, 1998, p. 1433-1437.
24. REYNAUD (M.), PARQUET (P.-J.), *Les personnes en difficulté avec l'alcool, usage nocif et dépendances : Propositions*, Vanves, CFES, 1998.
25. LEDENT (C.), VALVERDE (O.), COSSU (G.), PETITET (F.), AUBERT (J.-F.), BESLOT (F.), BÖHME (A.), IMPERATO (A.), PEDRAZZINI (T.), ROQUES (B.-P.), VASSART (G.), FRATTA (W.), PARMENTIER (M.), « Unresponsiveness to

cannabinoids and reduced addictive effects of opiates in CB1 receptor knockout mice », *Science*, n° 283, 1999, p. 401-404.

26. PILLA (M.), PERACHON (S.), SAUTEL (F.), GARRIDOL (F.), MANN (A.), WERMUTH (C.-G.), SCHWARTZ (J.-C.), EVERITT (B.-J.), SOKOLOFF (P.), « Selective inhibition of cocaine-seeking behaviour by a partial dopamine D3 receptor agonist », *Nature*, n° 400, 1999, p. 371-375.

27. RUIZ-GAYO (R.), FOURNIÉ-ZALUSKI (M.-C.), ROQUES (B.-P.), MALDONADO (R.), « Similar decrease in spontaneous morphine abstinence by methadone and RB 101, an inhibitor of enkephalin catabolism », *British J. Pharmacol.*, n° 119, 1999, p. 174-182.

## المؤلفون

**فيليب أشر:** أستاذ بجامعة بيير ومارى كورى باريس ٦، ومدير مختبر البيولوجيا العصبية neurobiologie بالمدرسة العليا للعلوم والآداب، وهو عضو بمعهد فرنسا الجامعى.

**إتيان-إميل بوليو:** أستاذ بالكوليج دو فرانس (كرسى الأستاذية فى أسس ومبادئ التوالد البشرى)، ومدير الوحدة ٤٨٨ (الخاصة بالاسترويدات stéroïdes والجهاز العصبى) بالمعهد القومى للصحة والبحث الطبى INSERM.

**آلان برتوز:** أستاذ فى فسيولوجيا الإدراك والفعل بالكوليج دو فرانس، ومدير مختبر فسيولوجيا الإدراك والفعل. وهو عضو بأكاديمية العلوم.

**بيير بواتار:** مهندس زراعى ومدير أبحاث بال-INRA (المعهد القومى للأبحاث الزراعية)، وبمختبر البيولوجيا الجزيئية الخاصة بالعلاقات المجهرية بين النباتات والكائنات العضوية.

**آلان ميشيل بوديه:** أستاذ كرسى بجامعة بول-ساباتييه (تولوز ٣)، ومدير بالمعهد الاتحادى للأبحاث الخاصة بـ"الإشارات الخلوية والتقنية الحيوية النباتية". وهو عضو بأكاديمية العلوم وبمعهد فرنسا الجامعى.

**جاك بوفراس:** أستاذ بالكوليج دو فرانس (كرسى الأستاذية فى فلسفة اللغة والمعرفة).

**أندريه براك:** مدير أبحاث بمركز البيوفيزياء الجزيئية بأورليان (المركز القومى للبحث العلمى CNRS).

**بيير كارتيه:** حاصل على الدكتوراه فى العلوم الرياضية وأستاذ بالمدرسة العليا للعلوم والآداب.

جون-بيير شونجو: أستاذ بالكوليج دو فرانس (كرسى الأستاذية فى الاتصالات الخلوية) ويدير مختبر البيولوجيا العصبية الجزيئية بمعهد باستور.

برنار شوفاسو-أو-لويس: هو رئيس الوكالة الفرنسية للأمن الصحى الغذائى (AFSSA) ومدير أبحاث بال-INRA (المعهد القومى للأبحاث الزراعية).

كلودين كوهين: أستاذة وباحثة بمدرسة الدراسات العليا فى العلوم الاجتماعية، حيث تدير بالتعاون مع هنرى أتلان، برنامج الأبحاث الذى أسسته والخاص بـ "البيولوجيا والمجتمع".

كلود كومب: أستاذ بجامعة بريينيان فى البيولوجيا الحيوانية ومدير مركز البيولوجيا والبيئة الاستوائية والمتوسطة.

فانسان كورتيو: أستاذ فى الجيوفيزياء بجامعة باريس ٧-دونى ديدرو، ومدير أبحاث بوزارة التعليم الوطنى والبحث والتكنولوجيا.

أنطوان دانشان: مدير أبحاث بالمركز القومى للبحث العلمى CNRS، ورئيس وحدة تنظيم السمات الوراثية ، وأستاذ بمعهد باستور، قسم البيولوجيا الوراثية الجزيئية.

جون ديناريه: مدير أبحاث بمختبر البيولوجيا الجزيئية العلاقات المجهرية بين النباتات والكائنات العضوية CNRS-INRA.

برنار دوتريو: يدير الوحدة المختلطة للبحث بال CNRS ، والخاصة بـ "البنية الكروموزومية وطفرتها" بمعهد كورى، وهو مسئول عن قسم البيولوجيا الإشعاعية وعلم الأمراض الإشعاعى بإدارة علوم الأحياء بوكالة الطاقة الذرية (CEA).

آن فاجو-لارجو: عضوة بمعهد فرنسا الجامعى، وأستاذة بجامعة باريس ١ بانتيون السوربون. وهى طبيبة متخصصة تعمل كملحقة فى مصلحة المساعدة العامة لمدينة باريس (كريتيى، مستشفى هنرى موندور، طب نفسى)، وهى مديرة معهد تاريخ وفلسفة العلوم والتقنيات.

رينيه فريدمان: أستاذ بجامعة باريس ٥ رينيه ديكارت، رئيس قسم أمراض النساء والتوليد بمستشفى أنطوان-بيكلير بكلامار.

جون جايون: أستاذ بجامعة باريس ٧-دونني-ديدرو (كرسى الأستاذية فى الإبتيمولوجيا وتاريخ علوم الحياة والصحة).

جيل جاستون جرانجيه: أستاذ بالكوليج دو فرانس.

جيلبير أوتوا: أستاذ بالجامعة الحرة ببروكسل، ومدير مشارك لـ"مركز الأبحاث المتعدد التخصصات فى الـ CRIB بجامعة بروكسيل.

أوليفيه أوديه: أستاذ فى علم النفس المعرفى بمعهد علم النفس (جامعة باريس ٥)، ومدير مختبر "الإدراك والاتصال" بالـ CNRS.

لويس-مارى هودبين: مسئول وحدة التشكل الخلوى differentiation بالـ INRA، بمختبر البيولوجيا الخلوية والجزيئية.

فرانسوا جاكوب: أستاذ بالكوليج دو فرانس وبمعهد باستور. حصل فى عام ١٩٦٥ على جائزة نوبل فى الفسيولوجيا أو الطب (تقاسم الجائزة مع أندريه لوف و جاك مونو) كما حصل على وسامى Compagnon Grand-croix de la Légion d'honneur و de la Libération

مارك جانورو: أستاذ بجامعة كلود-برنار بليون، ومدير معهد العلوم المعرفية بالـ CNRS.

سيلفى جوسوم: مديرة أبحاث بالـ CNRS ومديرة مساعدة بمختبر علوم الطقس والبيئة بالـ CEA.

رولان جوفون: طبيب محلل نفسى. ويدير وحدة "الشخصية والسلوكيات التكيفية" بالـ CNRS.

ميشيل جوفيه: أستاذ متقاعد، ومدير قسم الطب التجريبي (كلية الطب، جامعة كلود برنار بليون). وهو عضو بأكاديمية العلوم.

أكسيل كهن: مدير مختبر الأبحاث الخاصة بالفسيولوجيا و الأمراض الوراثية والجزيئية بالـ INSERM.

بيير كارلى: أستاذ متقاعد بكلية الطب بستراسبورج ١-لويس باستور.  
أندريه لانجاييه: عالم وراثى ومدير مختبر الأنثروبولوجيا البيولوجية بمتحف  
الإنسان (Musée de l'Homme) (المتحف القومى للتاريخ  
الطبيعى) وأستاذ بجامعة جينيف.  
برنار مازوييه: أستاذ فى العلوم الإشعاعية الطبية والتصوير الطبى بكلية الطب  
بكان Caen، وهو المدير العلمى للـGIP Cycon، ومدير  
مجموعة التصوير الوظائفى العصبى (بالـCEA وجامعة كان).  
دانيال متزجير: مدير أبحاث بالـCNRS بمعهد علم الوراثة والبيولوجيا الجزيئية  
والخلوية.  
جون كلود مونولو: أستاذ بجامعة باريس-سود (كرسى الأستاذية فى البيولوجيا  
العامة). وهو متخصص فى علم الوراثة الجزيئى الخاص بالعلاقات  
النوية الميتوكوندريالية nucléo-mitochondriales  
دانيال باروكيا: أستاذ فى منطق العلوم ومنهجيتها بجامعة بول فاليرى مونتيليه ٣.  
آلان بروكيانتز: أستاذ بالمدرسة العليا للعلوم والآداب ومدير أبحاث بالـCNRS.  
جون-بول رينار: مهندس زراعى، ومدير أبحاث بالـINRA وأستاذ استشارى  
بالمعهد القومى الزراعى باريس-جرينيون.  
برنار روك: أستاذ بجامعة باريس ٥ (وحدة العلوم الصيدلانية والبيولوجية) ومدير  
مختبر كيمياء الصيدلة الجزيئية والبنىوية INSERM-CNRS. وهو  
عضو فى أكاديمية العلوم.  
سيرج ستوليرو: محلل نفسانى وحاصل على دكتوراه فى علم النفس. وهو مسئول  
عن الأبحاث الخاصة بالسلوكيات الجنسية بالوحدة ٤٨٣  
بالـINSERM.  
جون فايسنباخ: مدير أبحاث بالـCNRS ومدير عام بمركز الـGénoscope  
القومى للتسلسل الجينى centre national de séquençage. وهو  
عضو بأكاديمية العلوم.

التصحيح اللغوى : عبد الوهاب الصاوى

الإشراف الفنى : حسن كامل





# ما الحياة ؟

جامعة كل المعارف

إشراف : إيف ميشو

الجزء الأول

ما أحوجنا ونحن في مستهل القرن الحادي والعشرين إلى اكتساب المعرفة العلمية ، سواء في مجال الإنسانيات أو في مجال العلوم الطبيعية . فالمعرفة العلمية لا يجب أن تقتصر على العلماء والمتخصصين ، بل ينبغي أن يتسع نطاقها ليشمل كل فرد في مجتمعاتنا العربية . وإذا كان على العلماء التعمق كل في تخصصه ، ينبغي أن تتشر المعارف العلمية العامة - دون تبسيطها على نحو مُخل - بحيث تصبح أداة منهاجية تقود خطانا نحو المستقبل المأمول . وفي هذا السياق ، وعلى ضوء أهداف المشروع القومي للترجمة التي تتمثل أساساً في تحقيق التوازن بين المعارف الإنسانية في المجالات العلمية والفنية والإبداعية ، فضلاً عن بناء ودعم الجسور الثقافية بين مصر والعالم ، تأتي ترجمة موسوعة "جامعة كل المعارف" في إطار التعاون مع قسم الترجمة بالمركز الفرنسي للثقافة والتعاون في مصر .

جابر عصفور

CC

